Јован П. Шетрајчић • Дарко В. Капор

ФИЗИКА

за 6. разред основне школе

ЗАВОД ЗА УЏБЕНИКЕ • БЕОГРАД

Рецензенти
Проф. др Божидар Вујичић, професор на ПМФ-у у Новом Саду
Бранислав Јовановић, просветни саветник у Министарству просвете Републике Србије
Гордана Хајдуковић Јандрић, наставник у ОШ „Мирослав Антић“ у Футогу

Уредник
Татјана Бобић

Одговорни уредник
Слободанка Ружичић

Главни уредник
Драгољуб Којчић

За издавача
Драгољуб Којчић, директор

Министар просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије одобрио је издавање и употребу овог уџбеника у 6. разреду основне школе решењем број 650-02-00370/2018-07 од 21.01.2019. године

ISBN 978-86-17-20134-8

© ЗАВОД ЗА УЏБЕНИКЕ, Београд, 2019
Ово дело не сме се умножавати, фотокопирати и на било који други начин репродуковати, ни у целини ни у деловима, без писменог одобрења издавача.

Садржај

ЗАШТО ФИЗИКА? 4
ПРЕДГОВОР 5
1. УВОД У ФИЗИКУ 7
1.1. Физика као природна наука 8
1.2. Методе истраживања у физици 13
1.3. Свет је моја лабораторија 14
1.4. Улога мерења у физици и у свакодневном животу 15

2. КРЕТАЊЕ 22
2.1. Референтно тело и релативност кретања 23
2.2. Чиме описујемо кретање 24
2.3. Равномерно праволинијско кретање 26
2.4. Променљиво праволинијско кретање 30

3. СИЛА 33
3.1. Узајамно деловање тела у непосредном додиру 34
3.2. Узајамно деловање два тела која нису у непосредном додиру 36
3.3. Сила као мера узајамног деловања тела 40
3.4. Процена интензитета силе динамометром 44
3.5. Сила Земљине теже и њена веза са тежином тела 45

4. МЕРЕЊЕ 47
4.1. Основне и изведене физичке величине и њихове јединице. Међународни систем јединица 48
4.2. Мерила и мерни инструменти, директно и индиректно мерење 51
4.3. Мерење и одређивање запремине 53
4.4. Резултат и грешке мерења 55

5. МАСА И ГУСТИНА 58
5.1. Инертност тела. Закон инерције – I Њутнов закон 59
5.2. Маса тела 60
5.3. Маса и тежина 61
5.4. Мерење масе 62
5.5. Густина тела 64
5.6. Одређивање густине тела 66

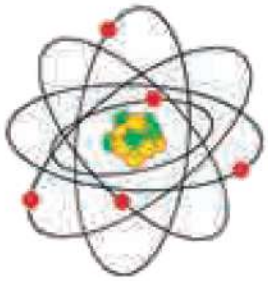
6. ПРИТИСАК 69
6.1. О притиску уопште 70
6.2. Притисак чврстих тела 71
6.3. Притисак у мирној течности – хидростатички притисак 72
6.4. Атмосферски притисак 74
6.5. Преношење спољњег притиска кроз течности и гасове – Паскалов закон 77

РЕЧНИК НОВИХ РЕЧИ И ИЗРАЗА 82

ЛИТЕРАТУРА 84

Зашто физика?

Кад год се ученици сретну са новим предметом, они (а и њихови родитељи) одмах питају: „А зашто учимо још и то?“ Одговор, наравно, може бити исти као и за све друге предмете који се уче: „Због опште културе или због практичне користи.“ За физику то је потпуно тачно. Прича о томе да је Исаку Њутну пала јабука на главу и какве је далекосежне закључке из тога он извукао, свакако спада у општу културу, а веома је практично знати како, рецимо, ради електрични осигурач.



Код физике, међутим, постоји још нешто (наравно као код свих природних наука). Циљ нам је да сазнамо како ***природа*** *„функционише“, при чему нас занимају основни природни закони који важе, како за* ***природу****, тако и за све што је створио* ***човек****. Ми, аутори, потрудићемо се да упознавање природних закона буде и занимљиво.*

Кад смо већ код „занимљивости“, одмах на почетку додајмо: постоји нешто што на први поглед неће изгледати занимљиво. То су прецизне дефиниције. Зашто су оне потребне? Зато што су мудри људи давно рекли: „У добром питању већ лежи пола одговора.“ А у физици је добро питање оно које је прецизно постављено, у којем се тачно зна шта нешто значи. И због те прецизности треба ствари учити са разумевањем. Тако стечено знање о природи биће нам онда веома корисно када га примењујемо.

Велики физичар Галилеј је рекао: „Језик физике је математика“. И то је тачно. Математика коју ћемо овде користити је усклађена са оном коју ви учите. У овој ће књизи бити веома мало формула, али је важно да знате шта с њима да урадите. Зато будите спремни да без страха употребите оно што су вас математичари учили.

Сада смо вам изнели основне идеје о физици и овој књизи, да можете да прионете на посао и почнете са проучавањем физике.

Срећно!

АУТОРИ

Предговор

Пред вама се налази ваш први уџбеник физике. Зато ћемо нешто више рећи о њему.

Како је написана ова књига? На почетку сваког поглавља покушаћемо кроз елементарне примере да објаснимо о чему ћемо учити. Током излагања указиваћемо на битне моменте. Потрудили смо се да припремимо и занимљиве илустрације али, наравно, вама, којима је на телевизији и преко интернета доступно практично све, тешко је понудити нешто сасвим ново. Зато вас и молимо да се што више укључите и сами сетите неких примера с којима сте се негде срели. Питајте, наставници су ту да одговоре на ваша питања, наравно, ако знају. Ми смо свесни тога да они физику добро знају, али ипак постоје нека очигледна питања на која још немамо одговор. Када све испричамо, поновићемо најбитније и понудити питања и задатке за проверу знања.

Важнији појмови, дефиниције и закони написани су масним словима. Када наиђете на такав текст, посветите му мало више пажње.

Сигурни смо да сте књигу већ прелистали и вероватно сте приметили да, са стране поред текста, постоји велики празан простор (а наставници српског језика су вам давно објаснили да се он зове маргина). Код нас тај простор није потпуно празан, већ смо га искористили за различите облике порука за вас. Тако су ту издвојене одређене занимљивости и неки наши необавезни коментари. У тај простор, наравно, можете и ви уписивати своје коментаре.

На овом месту користимо прилику да вас упознамо са једним „јунаком“ ове књиге. У жељи да упознавање са физиком учинимо што занимљивијим, поред уобичајених илустрација, један број цртежа је и забаван. Зато смо „увели“ овог јунака, а реч је о једном професору – физичару који исто као и ми сматра да су очигледни примери веома важни. Но, како је то јунак из маште, он ће моћи да уради многе ствари које ми у стварном животу из практичних разлога не можемо, иако су потпуно у складу са законима физике. Надамо се да ће вам дружење с њим учинити занимљивијим праћење ове књиге.

Нећемо се, наравно, љутити ако нам неке од својих коментара и пошаљете. Унапред вам се захваљујемо.

1. Увод у физику

Свака наука је заснована на искуству које се затим уопштава. Таквим уопштавањем у физици стижемо до физичких закона. Ипак, у корену морају постојати одређене претпоставке које прихватите и даље сматрате да оне стално важе. Конкретно, велико искуство доводи физичаре до тога да претпостављају да је све око нас сатрађено од материје. По нашем искуству, а колико год идемо даље са упознавањем природе то се и потврђује, материја се јавља само у два вида: као супстанција и као физичко поље. Супстанција је оно од чега су изграђене све ствари око нас, као и ми сами.

У шестом разреду ћемо се бавити само супстанцијом. Шта је физичко поље, сазнаћете у наредним разредима.

Ви можда мислите да је ту све јасно и да нема много шта да се прича. Погледајте нашег професора који је у великом послу. Ево неких питања из физике о којима наш професор размишља док спрема укусно јело:

- *Зашто је лакше шарагарепу сећи ножем него, рецимо, кашиком?*
- *Зашто колутови шарагарепе, уопште, падају у шерпу?*
- *Зашто мора бити укључена ринтла да би вода прокључала?*
- *Откуд одједном толико паре када вода прокључа?*

Наш професор, а и ваш наставник, сигурно знају одговоре на ова питања, а учећи физику сазнаћете их и ви. Па хајде онда да почнемо са учењем.

1. Увод у физику

1.1. Физика као природна наука

Када говоримо о природи, сматрамо да је то све што нас окружује. Ту дакле спадају тло, вода, ваздух и живи свет у њима: биљке, животиње и човек. Еколози се ту заустављају, али физичари сматрају да ту спада и све што је човек створио (слика 1.1). Разлог је врло једноставан: за све делове природе важе исти закони. Према томе:

У природу спада све што нас окружује, али и ми сами.

Слика 1.1. – *Природа – све што нас окружује*

Штавише, у оно што нас окружује укључујемо и целокупну васиону, заједно са деловима које данас још ни не познајемо. То чинимо зато што претпостављамо да и тамо важе исти природни закони.

У природи се стално нешто дешава и ми та дешавања називамо **природним појавама**: обртање Земље око своје осе, које узрокује смену дана и ноћи, струјање ваздуха – ветар, надолазак воде – поплава, али и кретање планета или, рецимо, летилица. Све то једним именом називамо **механичке појаве**. Исто тако дешавају се и разне друге појаве, као на пример топљење снега, испаравање алкохола или кључање воде – **топлотне појаве**, или пак удари грома – **електромагнетне појаве**.

Природне појаве су увек занимале човека, поготову што је од многих итекако зависио (нпр. суша). Он их је посматрао, а онда покушавао да објасни. Тако су настајала знања од којих се развила наука о природи – физика (на грчком „физис“ значи природа).

Знања о природи су била део општег знања, а потом су се издвојила у „натуралну философију“ – како су некада звали филозофију природе. Из ње се постепено издвајају знања груписана по сродности – посебне природне науке: физика, хемија, биологија, астрономија, геологија, метеорологија и друге. Оне данас чине велику породицу природних наука.

1. Увод у физику

Окружују нас многобројна тела: дугме, бомбона, брдо, снежна пахуљица, пас, бицикл, Сунце... Та тела се разликују по облику и величини, као и по томе од чега су изграђена. Да бисмо о њима ипак могли да говоримо уопштено, уводимо појам материје.

Све што постоји у природи је материја, тј. има материјални карактер. Материја постоји независно од човека. На пример, предмети слободно падају на Земљину површину, независно од нашег присуства. Земља се кретала око Сунца и своје осе и онда када човека још није било. Исто се може рећи и за Сунчеву светлост. На други начин речено:

Материја је „грађа“ природе.

Зашто је важно правити оваква уопштавања? Зато што нам она омогућују да многе ствари проучавамо одједном – замислите да морате да правите посебну физику за лонац, посебну за тањир, кашику, виљушку, ево да се не макнемо даље од кухиње!

До сада смо набрајали **физичка тела**, а оно од чега су сачињена **физичка тела**, назива се једним именом **супстанција** (примери су дати на слици 1.2).

Супстанција је „грађа“ сваког физичког тела.

Приликом посматрања ми издвајамо (уочавамо) различите супстанције којима дајемо различита имена. Различите супстанције су, на пример, вода, гвожђе и челик или, рецимо, кисеоник.

Може да збуни ово коришћење истог израза „супстанција“ за један општи и један конкретан појам. То исто се дешава када кажемо: „Човек не води довољно рачуна о природи“ и „Онај човек је купио новине“. Један исти појам – „човек“ користимо као општи и као конкретан и то смо већ сретали. Према томе, на овакву употребу ћемо се сигурно навићи јер ћемо лако препознати о којем значењу је реч.

Супстанција	Физичко тело
злато	прстен
вода	кап воде
дрво	столица

Слика 1.2. – *Супстанције и физичка тела*

1. Увод у физику

Искуство нас учи да то није довољно за опис природе. Ми знамо још једну важну чињеницу:

У природи тела међусобно делују.

За време међусобног дејства, тела могу бити у непосредном додиру (удар чекића о наковањ), али и не морају. Међудејства могу бити на мањем међусобном растојању (привлачење ексера магнетом), али могу бити и на врло великом међусобном растојању (узајамно привлачење Земље и вештачког сателита, слика 1.3).

Чак и када тела за време међусобног дејства нису у непосредном додиру, међудејство се остварује посредством **физичког поља** као облика материје, о чему ћете сазнати у вишим разредима.

Слика 1.3. – *Вештачки сателит*

1. Увод у физику

Сада је тренутак да сумирамо све ово што смо рекли.

Физика је природна наука која проучава основне особине материје, њену грађу, као и промене облика у којима се материја може јавити.

Предмет изучавања физике јесу механичке, топлотне, електричне, магнетне, светлосне и друге појаве. Физика нас упознаје са грађом, тј. са саставним деловима супстанције, почев од објеката и тела космичких размера, преко тела која нас окружују, па све до најситнијих честица.

Задатак физике је да проучава физичке појаве и да открива законе по којима се оне дешавају. На тај начин физика помаже човеку да стечено знање примени у свакодневном животу.

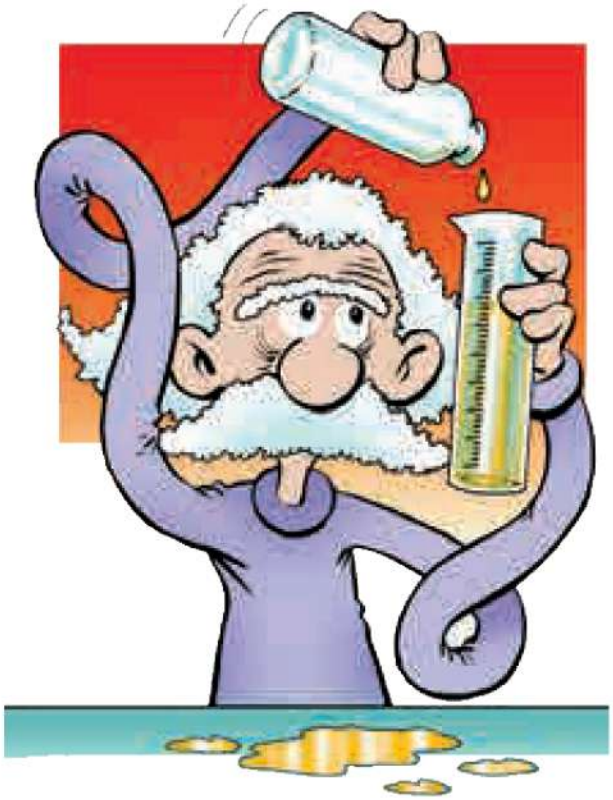
Да ли знате да...

Да ли знате да сте принцип рада полуге искористили када сте први пут сели на клацкалицу?

Физика и математика

Већ смо на самом почетку нагласили да нам је математика веома потребна. У ствари, физика је тесно повезана са математиком. Зашто?

Веома је добро и корисно да неку појаву разумемо, да чак знамо и да предвидимо шта ће се десити, али тек када томе можемо да придружимо и неке бројне вредности – постигли смо циљ. Управо стога се **физички закони изражавају математичким формулама**. Историја науке показује да је решавање многих проблема које су поставили физичари довело до развоја математике. Зато није чудно што су многи велики физичари били истовремено и сјајни математичари (Архимед, Галилеј, Њутн, Декарт, Паскал, браћа Бернули...). Оваква спрега две науке траје и данас, али уз укључивање рачунара добија и нови квалитет.



Физика и техника

Ми законе физике примењујемо у свакодневном животу, често и не размишљајући о њима: колико пута само користимо принцип рада полуге. (Да ли сте размишљали како функционишу људски удови?) Сви кућни уређаји, све машине конструисане су на бази основних физичких закона.

1. Увод у физику

Да ли знате да...

Ако сте послушали наш савет и распитали се о нобеловцима, наишли сте на име Џона Бардина (John Bardeen), јединог физичара добитника две Нобелове награде за физику. Другу је добио као један од твораца теорије суперпроводљивости, још једне невероватне физичке појаве.

Физика и медицина

Ако пођемо корак даље у праћењу примене физике, стижемо до медицине. Најсавременија медицинска опрема, у коју спадају ПЕТ (PET) скенери, нуклеарна магнетна резонанца (NMR), компјутеризовани томографи (CT) и слично – само су нови допринос физичара лечењу људи, поред већ свима познатих микроскопа или рендгенских апарата. Друге природне науке такође много користе резултате физике, на пример хемија или биологија, а мост према њој представља посебна грана – биофизика. Наравно, ове везе нису једносмерне; открића у хемији могу да упуте на неке нове резултате у физици.

Надамо се да смо навели низ разлога због којих можемо с правом да тврдимо:

Физика је била и остала једна од основних наука о природи.

физика и техника

физика и медицина

1. Увод у физику

1.2. Методе истраживања у физици

Истраживања се у физици спроводе ради стицања сазнања о појавама у природи.

При проучавању, сваку физичку појаву треба **посматрати** више пута и под различитим условима. Узимамо пример који занима људе од давнина: падање тела. При проучавању падања тела, потребно је прво утврдити да ли при падању различитих тела са исте висине има разлике. Затим, како ће иста тела падати са различитих висина. И још, каква је разлика између падања тела у ваздуху и у некој другој средини (на пример, у води).

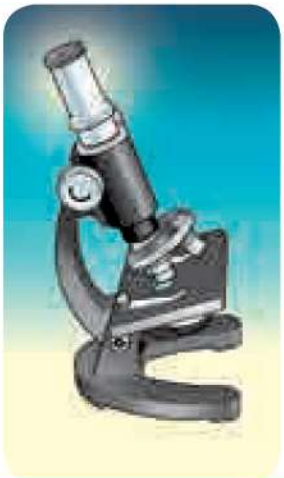
Посматрање се не обавља само чулом вида. Помоћу чула слуха се разликују разни звуци. Чулом мириса може да се открије присуство различитих супстанција.

Слика 1.4. – *Лабораторија*

Непосредно посматрање појава у природним условима најчешће даје непотпуне, а понекад и погрешне (привидне) представе. Стога су потребни посебно припремљени услови у којима се појаве могу пратити и контролисано усмеравати. То се обично остварује у физичким кабинетима и лабораторијама (слика 1.4).

Проучавање појава у посебно припремљеним условима назива се експеримент или оглед.

При извођењу огледа користе се разни технички уређаји, справе и инструменти као што је на пример микроскоп (слика 1.5). За уређаје и инструменте може се казати да су „продужена рука“ човекових чула. Они проширују наше поље посматрања и запажања. Док су неки уређаји веома једноставни – лењир или термометар, други могу да буду сложенији – хронометар или електрично бројило.



Слика 1.5. – *Микроскоп*

Већ при посматрању, а поготово у експерименту, ми морамо на неки начин да упоредимо добијене резултате. То радимо тако што неке величине (време, пут...) **меримо**.

Проучавање природних појава не завршава се на нивоу посматрања и експеримента.

Експериментални подаци сами по себи нису довољни за формирање научног знања. Добијене чињенице треба анализирати и међусобно повезати. Треба их уопштити и на основу тога донети теоријске закључке. Тим путем се постављају физички закони и теорије. Дакле:

Физика није само експериментална него и теоријска наука.

1. Увод у физику

1.3. Свет је моја лабораторија ...

Да ли знате да...

Ово је, у ствари, забавнија верзија огледа у којем провучете чешаљ кроз косу и онда њиме привлачите ситне папириће.

Објаснили смо да се физика бави природом. Како се у природи све непрекидно мења и креће, предмет истраживања у физици може бити свуда око нас. Ви ћете на уводним часовима из физике видети низ занимљивих огледа који управо о томе говоре, а ту је и двострана слика на крају ове теме, на којој је наш цртач приказао различите области физике дајући машти на вољу и предлажући огледе које је немогуће извести. Ми ћемо предложити још неко истраживање које се лако изводи.

Пустите воду да из славине тече у тањем млазу. Потом узмите штапић од пластике или стакла, добро га протрљајте тканином па га приближите млазу воде. Штапић ће привући млаз! То је пример електростатичког дејства!

Ако сте љубопитљиви, испробаћете крзно или различите врсте тканина (вуну, свилу, синтетику...) да видите шта ће боље наелектрисати штап од пластике, а шта штап од стакла.

Огледе из оптике са огледалима изводите од малих ногу. Када вас је неко као бебу принео огледалу и ви сте покушавали да додирнете то „друго дете“, сусрели сте се с ликом предмета у равном огледалу. Огледала која су део неке криве површине још су занимљивија.

Чекајући оброк, огледали сте се у кашици или виљушци и приметили да је лик усправан или изврнут, зависно од тога коју сте страну окренули према себи.

Ево и једног посматрања које укључује мерење. Напољу је невреме, а ви сте унутра. Видите муњу и почињете да бројите све до момента када чујете удар грома. Добијени број поделите са три и ето добре процене удаљености места у које је ударио гром, мерене у километрима. Ова прича је везана за брзину простирања светлости и звука и њоме ћемо се више бавити кад још мало порастете.

Слика 1.6. – *Свет је моја лабораторија*

1. Увод у физику

1.4. Улога мерења у физици и у свакодневном животу

Једна од карактеристика физике јесте да се изражава веома прецизно: рећи само да је нешто брзо или споро, тешко или лако – не значи баш много. Морамо бити прецизни и дати квантитативну – количинску меру нечега. У овоме нам знатно помаже математика, што значи да је физика и егзактна наука. У ту сврху је потребно да меримо различите величине везане за материју и физичке појаве. Наравно, мерење нас окружује и у свакодневном животу, а знамо да су цифре неумољиве, 45 минута часа је увек 45 минута без обзира како нам они неки пут дуги изгледали. Управо то што су мерне јединице свуда једнаке умногоме олакшава све могуће контакте: путовања или трговину, на пример.

Величине које карактеришу физичко својство материје или физичку појаву називају се **физичке величине**.

Да би се особине, односно, физичке величине које их описују, могле упоређивати – неопходно их је мерити. Рецимо, упоређујемо висину зграде и дрвета које расте испред ње. Све док их не измеримо (на неки начин), немамо право поређење.

Под мерењем физичких величина подразумева се њихово упоређивање. Наравно, не могу се међусобно упоређивати било које величине, већ само оне које су истородне, истоврсне. На пример, не могу се упоређивати дужина једног тела и температура другог.

Измерити неку физичку величину значи упоредити је са усвојеном јединицом мере те величине. Мерењем се, дакле, одређује колико је пута величина која се мери већа или мања од усвојене јединице мере.

Општа прича о мерењу следи мало касније. Сазнаћете да постоји Међународни систем јединица које се сматрају за **основне**, а друге, које се добијају њиховим комбиновањем, називају се **изведене**. За сада ћете се упознати само с мерењем времена и простора, тј. дужине, површине и запремине.

Мерење времена

Сваки догађај који посматрамо има своје трајање. Он има почетак и крај и он се дешава у одређеном интервалу времена.

Можете уочити да користимо различите информације о времену. На пример, занима нас када почиње час физике и колико он траје. Значи, занима нас временски тренутак (нпр. сада је 8 сати и 20 min) и временски интервал (трајање неког догађаја, нпр. 45 min). Временски интервал се може одредити као разлика временских тренутака краја и почетка посматраног догађаја или појаве.

1. Увод у физику

Да ли знате да...

Сви који се баве музиком, а поготово они који то безуспешно раде, веома добро знају како је тешко одржавати ритам. Управо зато је конструисан метроном. Казаљка се креће лево-десно и при томе метроном откуцава. Померањем тега на казаљци може се мењати број откуцаја у секунди.

Основна јединица за мерење времена јесте секунда. Означава се ознаком s.

Секунда је приближно једнака 86 400-том делу дана. Постоји и сложена, строжа дефиниција, којом се нећемо бавити.

Веће јединице од секунде, које се најчешће користе у пракси, јесу:

минут	1 min	= 60 s
час	1 h	= 60 min = 60 · 60 s = 3 600 s
дан	1 D	= 24 · 60 min = 24 · 3 600 s = 86 400 s

Од мањих јединица, користе се десетинка и стотинка секунде. То су, дакле, десети и стоти делови секунде.

Груба процена времена у свакодневном животу заснива се на смени дана и ноћи или смени годишњих доба.

Време се прецизније мери **часовником**, а још прецизније **хронометром** (сл. 1.6). Он има минутну и секундну казаљку.

Данас су најтачнији атомски часовници. Грешка при мерењу времена у трајању од тридесет година овим инструментом мања је од једне секунде.

Мерење дужине

Време је да упознамо још један важан појам – **димензију**. Наиме, поједине димензије разних предмета које срећемо у свакодневном животу су различити видови дужина: растојање, висина, дебљина. На пример, за дрво ће се рећи да је високо. За дужину пута између два града употребљава се израз растојање. Дебљина књиге је њена најмања димензија. Ми кажемо да све ове величине имају димензију дужине, и зато се изражавају истом јединицом.

Јединица за дужину је метар (m).

Према ранијем међународном договору:

Један метар је било растојање између две црте на праметру.

Слика 1.7. – *Прамеѣар*

Праметар је лењир специјалног облика (сл.1.7). Начињен је од платине и иридијума и чува се у Међународном бироу за мере и тегове у Севру, крај Париза. Он је стандард дужине, то јест, усвојена јединица за мерење дужине.

У пракси се користе веће и мање јединице од метра.

Већа јединица од метра која се најчешће употребљава јесте **километар (km)**:

$$1\ \mathrm{km} = 1\,000\ \mathrm{m}.$$

Јединице мање од метра су:

дециметар (dm)	1 dm	= **0,1 m;**
центиметар (cm)	1 cm	= **0,01m;**
милиметар (mm)	1 mm	= **0,001 m.**

Размислите: када је потребно дужину изражавати у километрима, а када, на пример, у милиметрима?

За мерење мањих дужина користе се **лењир**, **мерна летва или мерна трака**, а за веће дужине **челична** (**геометарска**) **трака**.

Одређивање површине

Мерење површине правилних фигура, као што сте научили у математици, своди се на мерење једне основне физичке величине – **дужине**.

Тако се, на пример, површина квадрата може одредити мерењем дужине једне његове странице. Површина правоугаоника одређује се мерењем дужине основице и висине, а лопте – мерењем њеног полупречника.

За одређивање површине свеске потребно је претходно измерити њене димензије (дужину и ширину), па их затим помножити.

Када је реч о мерењу површине неправилних геометријских фигура, гледамо да их изделимо на већи број правилних фигура. Одатле и произилази идеја да се за јединицу за површину узме површина квадрата странице дужине 1 m.

Јединица за површину јесте квадратни метар (m^2).

Од већих јединица најчешће се користи **квадратни километар** (km^2):

$$1\ km^2 = 1\ 000\ 000\ m^2,$$

а од мањих:

квадратни дециметар (dm^2)	$1\ dm^2$	= **0,01** m^2**;**
квадратни центиметар (cm^2)	$1\ cm^2$	= **0,0001** m^2**;**
квадратни милиметар (mm^2)	$1\ mm^2$	= **0,000001** m^2**.**

Мерење и одређивање запремине

Одређивање запремине тела правилног геометријског облика **своди се**, такође, **на мерење дужине**.

На пример, запремина коцке или лопте и других тела правилног облика израчунавају се помоћу одговарајућих математичких формула. Претходно се измере неопходне димензије ових тела (код коцке се мери ивица, а код лопте пречник).

Јединица за запремину јесте кубни метар (m^3).

Веће јединице за запремину од 1 m^3 скоро се не срећу у пракси (мада нафташи говоре о „барелима“), док се мање јединице користе, и то:

кубни дециметар (dm^3) $1\ dm^3 = 0{,}001\ m^3$;
кубни центиметар (cm^3) $1\ cm^3 = 0{,}000001\ m^3$.

Кубни дециметар назива се још и литар (и обележава са ℓ). То значи да је:

$1\ \ell = 1\ dm^3$

Лако се може закључити да је 1 милилитар (mℓ) једнак 1 cm^3.

1. Увод у физику

Посебно упамтити

- **У природу спада све што нас окружује, али и ми сами.**
- **Материја је грађа природе.**
- **Физика као наука проучава основне особине материје, њену грађу као и промене облика у којима се материја може јавити.**
- **Величине које карактеришу физичко својство материје, или физичку појаву, називају се физичке величине.**
- **Измерити неку физичку величину значи упоредити је са усвојеном јединицом мере те величине.**

Да ли знате да...

... физику чине различите области. Пробајте да их препознате на следећој страни. Замолите наставника да вам у томе помогне.

Питања

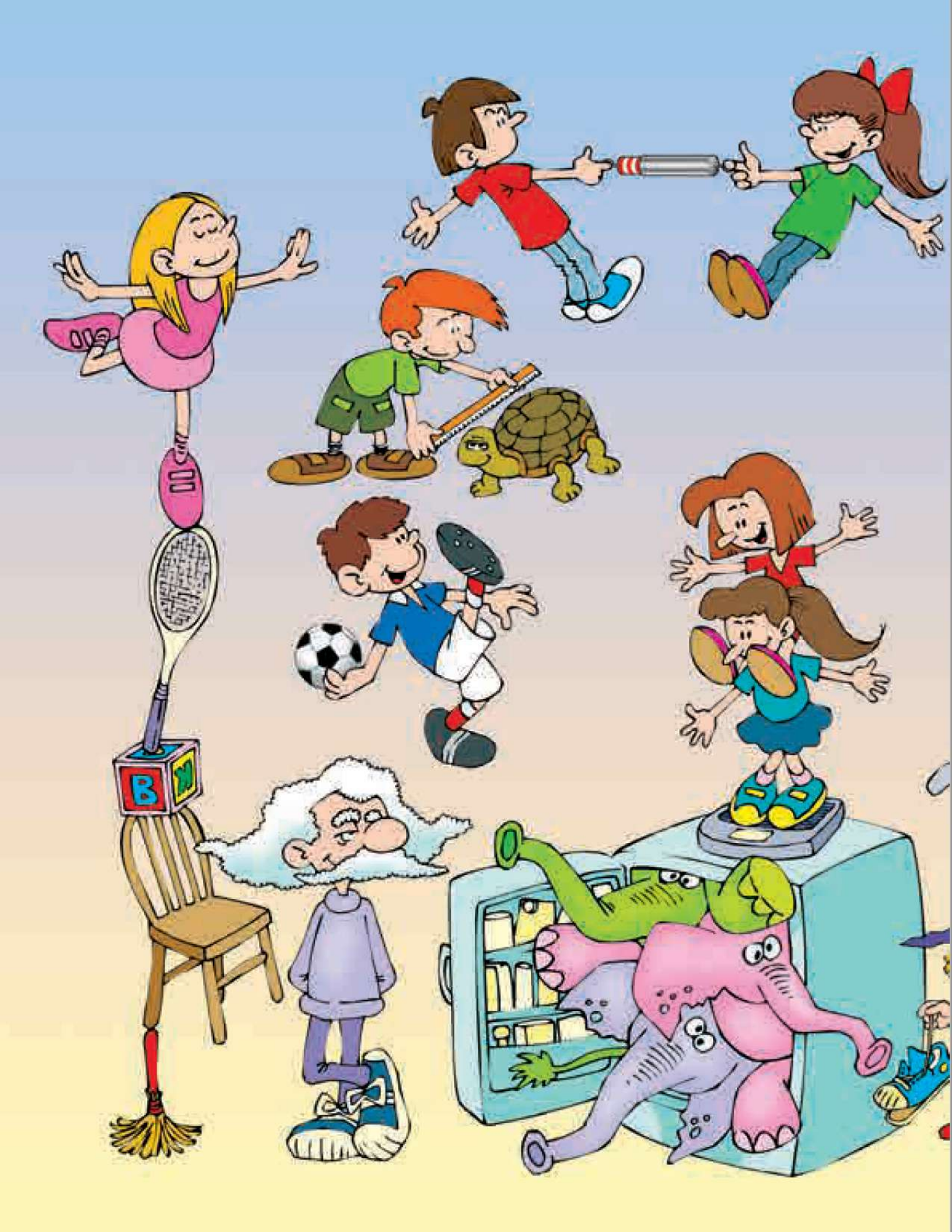
1. Шта су природне појаве?
2. Шта проучава физика? Наброј неколико физичких појава.
3. С којим циљем се изводе огледи?
4. У чему је предност огледа над обичним посматрањем?
5. Са чиме се упоређује мерена величина приликом мерења?
6. Колико литара има у 1 m³?

Током XVIII века наши аутори су објављивали дела са елементима физике, али се првом свеобухватном књигом из физике на славеносрпском језику сматра „Фисика“ Атанасија Стојковића, научнопопуларно дело објављено у три тома у периоду 1801–1803. у Будиму.

Портрет приказује Атанасија Стојковића (1773–1832). Родом из Руме, студирао је у Сегедину и Гетингену, а потом био професор физике на Универзитету у Харкову. У својим делима, унутар физике дотиче и теме из географије, метеорологије, астрономије, минералогије, као и делове ботанике и зоологије. Његово дело „Аристид и Наталија“ сматра се првим савременим српским романом.

Ако смо вас заинтересовали за његово дело, „Фисику“ у дигиталној форми можете пронаћи на сајту Народне библиотеке Србије.

Др Атанасије Стојковић, писац, професор физике на Универзитету у Харкову. Поклон Давида Ћурчића, налази се у Галерији Матице српске у Новом Саду. Аутор: Павел Чурковић, сликар (Баја, 1772 – Одеса, око 1830)


B

2. Кретање

Говорили смо о јединицама за дужину и време. И то вам је већ довољно да се упустите у проучавање једне од основних појава у физици: ***механичког кретања****. Ако ослушнете емисије вести, чућете да плате и цене „скачу“ или „падају“, да се човечанство „креће напред“ и да је неки роман „велики корак у књижевности“. Уочавате да се у различитим професијама мисли на различите ствари када се говори о „кретању“. Зато, да бисмо напласили да посматрамо само промену положаја тела, користићемо и израз:* ***механичко кретање****.*

Као и увек када истражујемо нову област, полазимо од најједноставнијег могућег примера. Посматраћемо кретање дуж праве линије са сталном брзином (каже се и „константном“). За његово описивање биће довољна ***једна једина формула*** *(додуше у више облика), али и та једна отвара неслућене могућности за рачунање, а злобници би рекли и за прављење грешака!*

2. Кретање

2.1. Референтно тело и релативност кретања

У свакодневном животу запажа се кретање разних тела. Кажемо да се тело креће ако мења свој положај у односу на неко друго тело. Тако, на пример, птица која лети, креће се у односу на Земљу, воз у односу на шине, вода у реци у односу на обалу, чак се и врх биљке која расте креће (веома споро) у односу на остатак стабљике, итд.

Кретање је промена положаја тела у односу на друга тела.

Када тела не мењају узајамни положај, на пример столица у односу на под, онда се каже да она мирују једно у односу на друго. Међутим, путник на броду може да мирује у односу на брод. Брод може да мирује у односу на воду реке, али се са водом креће у односу на обалу. А обала се заједно са Земљом обрће око њене осе и окреће око Сунца. Не само Земља, већ и сва остала небеска тела, укључујући и Сунце, непрестано се крећу. Зато морамо бити прецизни.

Слика 2.1. – *Кретање*

Тело у односу на које се посматра кретање, назива се **упоредно** или **референтно тело**. Ако се за референтно тело узме, на пример, аутобус који се креће по улици, онда путници који седе – мирују у односу на аутобус. Међутим, ако се у току времена утврђују положаји истих путника у односу на улицу, закључује се да се они крећу. Каже се тада да путници у односу на аутобус **релативно мирују**, док се у односу на улицу **релативно крећу**.

Посматрајте кретање нашег професора на слици 2.1. Која референтна тела сте уочили? Да ли сте приметили једну нелогичност којом је наш цртач хтео да се с нама нашали?

2. Кретање

2.2. Чиме описујемо кретање

Слика 2.2. – *Аутомобил као материјална тачка*

Материјална тачка

Да би се лакше проучавало механичко кретање тела, најчешће је довољно посматрати кретање једне његове тачке. Ако је путања тела много дужа од његових димензија, онда се тело представља једном тачком. Она се назива **материјална тачка**.

Материјалном тачком, на пример, можемо заменити аутомобил, брод или авион при проучавању њиховог кретања у односу на Земљину површину. Исто тако, Земљу у њеном кретању око Сунца можемо заменити материјалном тачком. Ово не утиче на исправност изведених физичких закључака.

Путања

Бајка каже да су Ивица и Марица остављали траг од каменчића у шуми да би пронашли пут назад. На исти начин скије остављају траг на снегу као податак о свом кретању. При кретању сваког тела из једног положаја у други, може да се замисли траг у виду неке линије (слика 2.2).

Стварна или замишљена линија по којој се тело креће, тј. спаја положаје које је тело заузимало током кретања, зове се путања тела.

Слика 2.3. – *Путања*

Путања тела може да буде права или крива, па је и кретање према облику путање праволинијско или криволинијско. Падање тела је **праволинијско** кретање, а лет скијаша – скакача – **криволинијско**.

Облик путање и правац кретања тела такође су релативни. Они се посматрају у односу на друга тела. Рецимо, повлачите оловком горе-доле по свесци, а друг почне да вуче свеску полако у страну. Путања оловке у односу на клупу је права линија, али у односу на свеску сигурно није, што показује траг оловке (погледајте шта се догодило нашем професору на слици 2.3).

Ако читајући чланке наиђете на реч „трајекторија“, упамтите да она у ствари значи „путања“.

Пређени пут

Пређени пут је дужина путање коју тело пређе за одређено време.

Пређени пут се, по правилу, обележава ознаком s, а изражава јединицама дужине – метром, километром, центиметром...

2. Кретање

Брзина кретања

Ако пешак кретањем пређе пут од 30 km за 6 h, тај исти пут бициклиста прелази за 2 h. У том случају закључујемо да се бициклиста у просеку брже кретао, односно, да је брзина његовог кретања била већа.

Значи: **брзина** је једна од битних карактеристика кретања. Обележава се ознаком v.

Тело које пређе неки пут, за краће време од другог тела, креће се **већом брзином**. Такође, тело које током одређеног времена пређе дужи пут, креће се **већом брзином**.

Током кретања брзина тела може да се мења, тако да дефиниција брзине није једноставна и зато је остављамо за седми разред. Из горњих примера је јасно да се њена бројна вредност (интензитет) изражава јединицом метар у секунди $\left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)$.

У саобраћају се често користи и јединица брзине километар на час $\left(\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}\right)$, док се брзина космичких бродова, ракета и небеских тела изражава километрима у секунди $\left(\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}\right)$.

Инструмент за мерење брзине зове се **брзиномер**. Он се уграђује у аутомобиле, авионе, бродове и друга саобраћајна средства.

Брзину тела, осим бројне вредности потпуније одређују **правац** и **смер**.

На пример, да би се сазнало где се налази авион који је узлетео пре два часа из Београда, потребно је, осим бројне вредности брзине авиона, знати правац и смер његовог лета.

Треба имати у виду да сваки правац има два смера. Аутопут који повезује Београд и Нови Сад одређује правац. Кретање аутомобила овим правцем може бити усмерено од Београда ка Новом Саду или обрнуто.

Сада је моменат да вас подсетимо на нешто што сте учили у петом разреду из математике.

Да ли знате да...

Да ли знате зашто физичари инсистирају на разлици између „материјалне“ и „геометријске“ тачке? Одговор за нестрпљиве и радознале: Физичари користе израз „материјална тачка“ како би нагласили да ова тачка има масу, па се самим тим покорава законима механике, што за геометријску тачку није битно.

2. Кретање

2.3. Равномерно праволинијско кретање

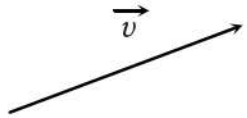
Скалари и вектори. Векторски карактер брзине

Постоје величине које су потпуно одређене (задате) својом вредношћу. Оне се називају **скаларне величине** или **скалари**. Примери скаларних величина у физици јесу запремина, маса, температура...

Величине које су одређене бројном вредношћу, правцем и смером називају се **векторске величине**. Често и правилније се бројна вредност векторске величине назива **интензитет**.

Према томе, брзина је векторска величина.

Брзина и друге векторске величине графички се представљају одсечком праве са стрелицом на крају (слика 2.4). Дужина одсечка, према изабраној размери, представља интензитет (бројну вредност) векторске величине, правац одсечка – правац величине, а стрелица – њен смер.



Слика 2.4. – *Вектор брзине*

Да је нека физичка величина векторска, означавамо тако што напишемо њену ознаку, а изнад ставимо стрелицу, дакле $\vec{v}$, док се њен интензитет пише као $|v|$ или једноставно v.

Сада се бавимо најједноставнијим примером, а то је равномерно праволинијско кретање.

Ако се аутомобил креће по правом и хоризонталном путу без промене у раду мотора, он ће у једнаким временским интервалима прелазити једнаке путеве. У овом случају каже се да је кретање аутомобила **равномерно праволинијско** или **једнолико праволинијско**.

Равномерно праволинијски се крећу и покретне степенице у великим робним кућама и преносни каишеви код машина.

Тело се креће једнолико праволинијски ако по правој путањи прелази једнаке путеве у једнаким временским интервалима.

Да ли знате да...

Ово је први пример математичког приказивања једног физичког закона. Видимо да се он приказује у облику формуле која повезује симболе физичких величина. Зато је корисно што сте научили да рачунате са општим бројевима.

Стална брзина

Образац за брзину код једноликог кретања може се написати овако:

$$\textbf{брзина} = \frac{\textbf{пређени пут у току кретања}}{\textbf{временски интервал (трајање) кретања}}$$

Брзина је бројно једнака пређеном путу у јединици времена.

Вредност брзине при равномерно праволинијском кретању тела израчунава се тако што се пређени пут подели временом кретања тела.

2. Кретање

Ако се брзина обележи са v, пређени пут са s, а време са t, онда образац за брзину добија облик:

брзина $\left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)$ ..... $v = \frac{s}{t}$ ..... пређени пут (m)
..... време (s)

Помоћу овог обрасца за брзину дефинише се јединица брзине.

Тело се креће брзином од 1 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ ако прелази пут од 1 m у свакој секунди.

Толиком брзином се, приближно, креће човек при нормалном ходу.

При решавању проблема везаних за кретање, често је потребно вредност брзине изразити на различите начине. На пример, брзину аутомобила од 36 $\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ треба изразити у $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Како је 1 km = 1 000 m, а 1 h = 3 600 s, онда је:

$$v = 36\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = 36\,\frac{1\,000\ \mathrm{m}}{3\,600\ \mathrm{s}} = \frac{360\ \mathrm{m}}{36\ \mathrm{s}} = 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$$

Већ смо рекли да путања тела може да буде права или крива, па је и кретање према облику путање праволинијско или криволинијско. Праволинијско кретање се одвија дуж једне праве, тако да се правац кретања, као ни правац вектора брзине, не мења. То нам доста олакшава проучавање.

2. Кретање

Пример

Аутомобил је прешао пут од 144 km за 2 часа. Израчунати вредност брзине аутомобила под претпоставком да се кретао праволинијски и равномерно. Вредност брзине изразити у $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Подаци:

Пређени пут: $s = 144\ \mathrm{km} = 144\ 000\ \mathrm{m}$

Време: $t = 2\ \mathrm{h} = 2 \cdot 3\ 600\ \mathrm{s} = 7\ 200\ \mathrm{s}$.

Брзина: $v = ?$

Решење:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{144\,000\ \mathrm{m}}{7\,200\ \mathrm{s}}$$

$$v = 20\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Таблица брзина неких кретања

Пешак	$(1–1{,}5)\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
Бициклиста	$(5–10)\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
Брзи воз	$(80–140)\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$
Аутомобил у градовима	$(10–60)\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$
Звук у ваздуху	$332\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
Земљин вештачки сателит	$8\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}$
Кретање Земље око Сунца	$30\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}$
Светлост	$300\ 000\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}$

Да ли знате да...

При решавању проблема из физике увек се, као у датом примеру, осим бројних вредности величина, пишу и ознаке њихових јединица. Рачунарске радње се односе, како на бројне (нумеричке) вредности, тако и на јединице.

2. Кретање

Одређивање пређеног пута и трајања кретања

Полазећи од израза за брзину при равномерном праволинијском кретању, $v = \frac{s}{t}$, увек се може, из познавања било које две величине – израчунати трећа. Тако, знајући брзину (v), може се израчунати пут (s) који тело прелази за одређено време (t).

На пример, аутомобил се креће брзином $10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. То значи да за сваку секунду прелази пут од $10\ \mathrm{m}$. Пошто је кретање аутомобила равномерно, то ће и у следећој секунди пређени пут износити $10\ \mathrm{m}$. Дакле, за време од $2\ \mathrm{s}$ аутомобил ће прећи два пута дужи пут, тј. $10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 2\ \mathrm{s} = 10 \cdot 2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\,\mathrm{s} = 20\ \mathrm{m}$, а за $3\ \mathrm{s}$ три пута дужи пут: $10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 3\ \mathrm{s} = 30\ \mathrm{m}$.

Да би се одредио (израчунао) пређени пут при равномерном кретању, треба брзину кретања тела помножити временом кретања:

$$s = v \cdot t\ .$$

Формула за брзину може се користити и за израчунавање трајања времена кретања ако је познат пређени пут и брзина којом се тело кретало на том путу.

Време кретања израчунава се тако што се пређени пут подели брзином:

$$t = \frac{s}{v}\ .$$

Пример

Колики пут ће воз прећи за време $t = 2\ \mathrm{h}$ ако се креће константном брзином $v = 60\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$?

Подаци:

$t = 2\ \mathrm{h}$

$v = 60\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$

$s = ?$

Решење:

$s = vt = 60\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} \cdot 2\ \mathrm{h}$

$s = 120\ \mathrm{km}$

2. Кретање

2.4. Променљиво праволинијско кретање

При поласку из станице воз постепено повећава брзину, а при уласку у другу станицу брзина његовог кретања постаје све мања. Воз се у оба случаја креће променљиво.

У природи је врло ретко равномерно, а много чешће променљиво кретање. Кретање куглице уз и низ косу даску, гранате кроз цев топа, тркача са старта – све су то примери променљивог праволинијског кретања, ако се одвијају дуж праве линије.

Тело се креће променљиво праволинијски ако дуж праве линије у једнаким временским интервалима прелази различите путеве.

Уколико се тело креће променљивим кретањем и за укупан временски интервал t_u укупно пређе пут s_u, онда се оно кретало средњом (просечном) брзином:

$$v_{sr} = \frac{s_u}{t_u}.$$

Пример

Бициклиста је спортским бициклом за 2 сата прешао 52 km. Онда се одмарао 1 сат, па је следећих 38 km возио 2 сата. Колика је вредност средње брзине кретања?

Подаци:

Време: $t_1 = 2\ \text{h}$, $t_2 = 1\ \text{h}$, $t_3 = 2\ \text{h}$

Пут: $s_1 = 52\ \text{km}$, $s_2 = 38\ \text{km}$

$v_{sr} = ?$

Решење:

Укупно пређени пут:

$$s_u = s_1 + s_2 = 52\ \text{km} + 38\ \text{km} = 90\ \text{km} = 90\ 000\ \text{m}.$$

Укупно трајање путовања:

$$t_u = t_1 + t_2 + t_3 = 2\ \text{h} + 1\ \text{h} + 2\ \text{h} = 5\ \text{h} = 18\ 000\ \text{s}.$$

Средња брзина кретања бициклисте на том путовању:

$$v_{sr} = \frac{s_u}{t_u} = \frac{90\ 000\ \text{m}}{18\ 000\ \text{s}} = 5\ \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

2. Кретање

Да ли знате да...

. . . делфин достиже брзину до 50 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

. . . веверица силази са дрвета брзином 25 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

. . . вилински коњиц је међу најбржим инсектима који лете, јер достиже брзину и до 95 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

2. Кретање

Посебно упамтити

- **Брзина је векторска величина и окарактерисана је својим интензитетом, правцем и смером.**
- **Праволинијско кретање је кретање дуж праве линије.**
- **Равномерно кретање је кретање код којег тела за једнаке временске интервале прелазе једнаке путеве.**
- **За равномерно праволинијско кретање важи**

$$v = \frac{s}{t}.$$

Питања

1. *Када кажемо да се неко тело креће?*
2. *Зашто се каже да је свако кретање релативно?*
3. *Шта је путања, а шта пут?*
4. *Шта је механичко кретање?*
5. *Које се величине користе при проучавању равномерног праволинијског кретања?*

Да ли знате да...

Тахограф (слика 2.5) је уређај којим се бележи промена брзине возила током вожње. Аутобуси и камиони су обавезни да га имају. Покушајте (сами или уз помоћ наставника) да одредите како се возило кретало. Ако имате проблема, поразговарајте са неким ко вози возило које обавезно мора да има тахограф.

Слика 2.5. – *Тахограф*

3. Сила

Када сте једном упознали појаву кретања, било би природно да се запитате и шта изазива промене у кретању. Показује се да промене кретања (полазак из мировања, заустављање, промена смера кретања или вредности брзине) настају услед узајамног дејства међу телима – дакле, због онога што називамо силом. Овде ћемо се упознати са примерима различитих врста сила, различитих по узроку и начину деловања. Међутим, највећи део градива физике у 7. разреду биће посвећен управо сили и последицама њеног деловања на тело.

3. Сила

3.1. Узајамно деловање два тела у непосредном додиру

Да ли знате да...

У науци се уместо „узајамно деловање“ чешће користи страна реч „интеракција“ која значи то исто. Читајући литературу вероватно ћете је срести. Поред тога „међусобно деловање“ се скраћује у „међуделовање“.

Шта је узрок промене кретања тела?

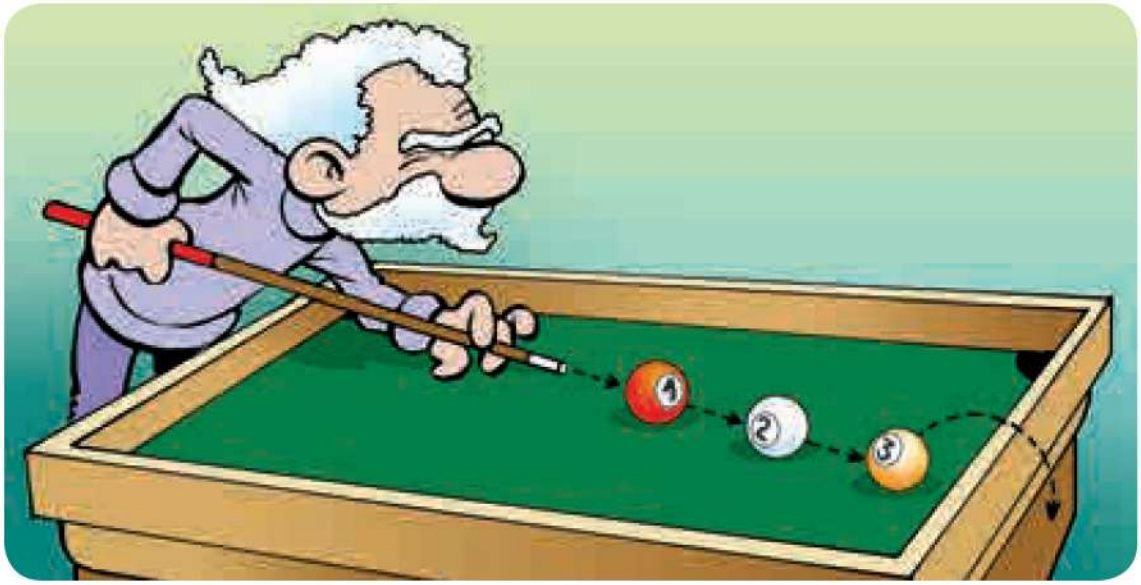
Лопта која мирује, аутомобил на паркингу, точкови локомотиве, гвоздени кликер на столу – неће се покренути сами од себе. Лопта се покреће ударцем ноге, мотор који троши бензин покреће аутомобил, локомотиву – електромотор. Гвоздени кликер покреће рука или га привлачи магнет. Ако лопта удари у стативу, она мења брзину.

Када човек вуче санке и санке делују на њега. Иначе, он се не би замарао.

Узајамно или међусобно деловање двају тела је обострана и истовремена појава, јер оба тела истовремено делују једно на друго.

Ово се може показати и огледима. Најједноставнији огледи могу се извести билијарским куглама. Ако се покрене једна кугла (слика 3.1) тако да удари у другу која мирује (на овој слици – кугла 2), онда ће, услед узајамног деловања, кугла 2 из мировања прећи у кретање, а брзина кретања прве кугле ће се променити.

Не значи, наравно, да је играње билијара, иако оно подлеже физичким законима, замена за учење физике.



Слика 3.1. – *Узајамно деловање билијарских куглі*

На основу овога може се закључити:

Тело неће само од себе променити брзину или се покренути из мировања. До тога долази искључиво због узајамног деловања са другим телима.

3. Сила

Слика 3.2. – *Деформација опруге*

Када професор развлачи спиралну опругу, он осећа да се опруга опире и то утолико јаче уколико је она више развучена. У овом узајамном деловању опруга ће се деформисати (слика 3.2). Када престане деловање научникових мишића, опруга ће поново добити облик који је имала пре развлачења.

Видимо да једна од последица узајамног дејства може бити и деформација (промена облика тела).

Деформација може бити истезање, али и сабијање или савијање. Ако се тело по престанку дејства враћа у првобитни облик, то је **еластично тело** (гумица, пластични лењир, опруга), ако остане деформисано, то је **пластично тело**. (Тела су обично еластична само до одређене границе узајамног дејства.)

Књига гурнута по столу ће се након неког времена зауставити. Да се налазила на леду, она би се дуже кретала. Узрок смањења брзине и заустављања књиге је појава коју називамо **трење**, које је последица узајамног деловања тела и подлоге по којој се креће.

Горе описано трење је трење клизања, а много мањи отпор кретању јавља се при котрљању тела, о чему нам говори свакодневно искуство.

Подлога није једина која се опире кретању. Целокупна средина која окружује тело пружа отпор (слика 3.3). Тај отпор средине се не примећује у ваздуху, али се итекако примећује када се тело креће кроз течност, рецимо воду. (Отпор и у ваздуху постоји, и да би се он смањио, тркачки аутомобили имају посебан облик, а чак и камиони носе „спојлере“. С друге стране, падобранац би лоше прошао без тог отпора).

Да ли знате да...

Ради смањења трења измишљени су точкови, куглични и ваљкасти лежајеви. Трење може бити и корисно код кочења и код ходања. Заправо, оно је преко потребно за неке нормалне активности човека. Да ли се може замислити наш живот у глатким ципелама на леду? Или аутомобил без кочница!

Слика 3.3. – *Отпор средине - ваздуха*

3. Сила

3.2. Узајамно деловање два тела која нису у непосредном додиру

Да ли знате да...

Велики физичар и математичар Исак Њутн је радозналцима објашњавао да је на идеју о Закону гравитације дошао када му је на главу пала јабука са дрвета испод којег је седео. Запитао се прво зашто је јабука пала и схватио да је то због привлачног дејства Земље. Следећи корак је био да се запита да ли Земља привлачи само јабуке или и остала тела. Онда је начинио храбар корак и претпоставио да Земља привлачи и друга тела у васиони. Када се запитао а зашто нам онда и Месец не падне на главу, морао је да створи једну потпуну слику васионе у којој се небеска тела крећу следећи Закон гравитације.

Сви наведени примери односе се на узајамно дејство тела која су у непосредном контакту. Постоје, међутим, силе које делују између тела која нису у непосредном контакту. Иако нам на први поглед ово изгледа необично, следи неколико примера таквих сила које свакодневно срећемо. (Овим силама ћемо у вишим разредима придружити појам поља.)

У савременој физици се разликују четири основне врсте међуделовања:

– гравитационо,
– електромагнетно,
– слабо нуклеарно и
– јако нуклеарно.

Размотрићемо детаљније прва два.

„Неизбежна“ гравитација

Књига коју држимо у руци, гура или вуче руку надоле. Ако је испустимо, она почне да пада вертикално наниже. То се дешава и са већином тела када остану без ослонца (птица, авион или перце би такође пали да не постоје друге силе које их одржавају у ваздуху).

Зашто се то дешава? Зато што Земља привлачи људе и све предмете који се налазе на њој или око ње. Земља привлачи свој природни сателит Месец, који, међутим не пада, већ се окреће око ње.

Привлачно деловање Земље назива се њеним гравитационим деловањем.

Слика 3.4. – *Привлачно дејство Земље*

Слика 3.5. – *Земља и Месец*

3. Сила

Електрично међуделовање

Позната је природна појава – севање муња између облака или између облака и предмета на Земљи. Из искуства знамо да се чује слабо пуцкетање када се чешља сува коса. Праменови суве косе подижу се у правцу кретања чешља. Осим пуцкетања, запажају се у мраку и ситне варнице.

Ове појаве су последице наелектрисаности тела.

Слика 3.6. – *Наелектрисани чешаљ*

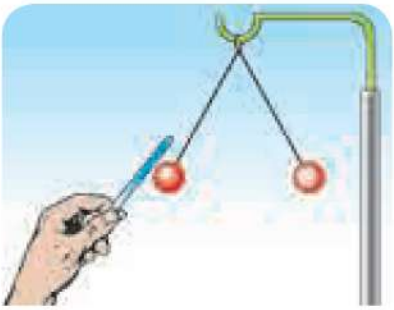
Чешаљ се **наелектрисао** трењем о суву косу, при томе се наелектрисала и коса. Исто тако, наелектрисаће се и пластична или ебонитна шипка када се протрљају крзном. И многе друге супстанције, као што су ћилибар, стакло или пластика, могу се наелектрисати.

Ако се наелектрисани чешаљ приближи ситним комадићима папира – он ће их привући (слика 3.6), тј. изазваће промену из стања мировања у стање кретања. При томе он не мора да буде у додиру са папирићима.

Два наелектрисана тела могу се **привлачити** или **одбијати**. То се може утврдити огледом помоћу два надувана балона. Ако се оба балона наелектришу (тако што се протрљају крпом), они ће се одбијати (слика 3.7).

Слика 3.7. – *Наелектрисани балони*

3. Сила



Слика 3.8. – *Наелектрисане куглице*

Исто тако ће се узајамно одбијати и две куглице наелектрисане ебонитном шипком (слика 3.8).

Ако се, међутим, једна куглица наелектрише стакленом, а друга ебонитном шипком, оне ће се узајамно привлачити.

Да би се разликовало „стаклено“ од „ебонитног“ наелектрисања (како су у почетку говорили), усвојено је да се куглица додирнута стакленом шипком наелектрише **позитивно**, а ебонитном шипком – **негативно**.

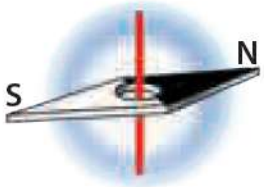
Електрично међуделовање је узајамно деловање наелектрисаних тела. Оно може бити привлачно или одбојно, што зависи од тога којом врстом наелектрисања су тела наелектрисана.

Магнетно деловање

Познато је да у природи постоје тела која имају особину да привлаче комадиће гвожђа. Та тела се називају стални магнети. Они се израђују у облику шипке, потковице или игле, али и у другим облицима.

Ако се о конац обеси гвоздени предмет, па му се приближи магнет, он ће привући тај предмет. Но, привлачење настаје и ако се магнет обеси, па му се приближи предмет. Овај пут се креће магнет. На основу тога, закључујемо да се магнет и гвожђе узајамно привлаче.

Ако се магнетна игла обеси о конац или ако се постави на вертикални шиљак (слика 3.9), онда се запажа да се она увек поставља дуж правца север–југ. Када се магнетна игла изведе из мировања, она ће се опет вратити у правац север–југ. Због тога се онај крај магнетне игле, који се увек окреће ка северу, назива **северни пол**, а онај који се окреће ка југу – **јужни пол**. Можемо онда увести и полове самог магнета. Северни пол магнета се обележава словом **N** (енглески North), а јужни магнетни пол словом **S** (енглески South).



Слика 3.9. – *Магнетна игла*

3. Сила

Узајамно деловање магнета може се показати једноставним огледима (слика 3.10). На колица се причврсти један магнет, а други магнет му се приближи. Колица ће се покренути према магнету, као на слици. Кад се један од њих обрне, колица ће се кретати у супротном смеру.

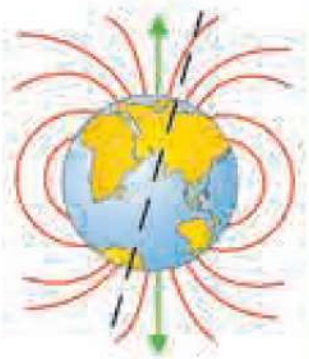
Слика 3.10. – *Привлачно и одбојно магнетно деловање*

Магнетно међуделовање може бити привлачно и одбојно. Истоимени полови два магнета (нпр. јужни и јужни) одбијају се међусобно, док се разноимени привлаче.

Сада је важно да напоменемо да се према савременој физици електрично и магнетно међуделовање третирају „уједињено“ јер постоји веома дубока веза међу њима. Зато се и говори о „електромагнетном међуделовању“.

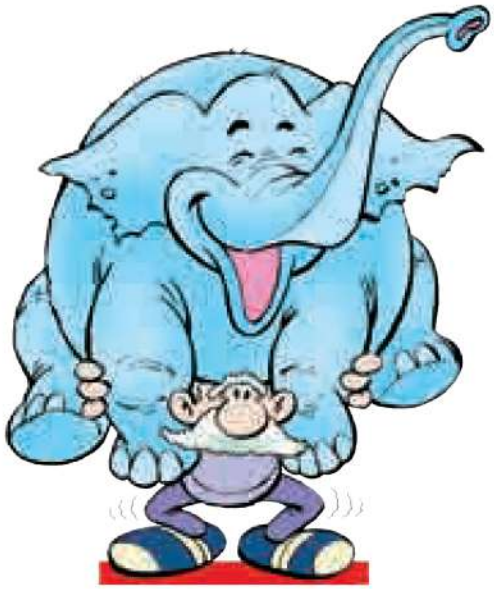
Да ли знате да...

Постоје ипак одступања у оријентацији магнетне игле на одређеним местима. Она обично указују на присуство гвоздених руда у Земљиној кори, мада има и другачијих ефеката који се помно проучавају.



3. Сила

3.3. Сила као мера узајамног деловања тела



Наведени примери и изведени огледи при проучавању узајамног деловања тела показују да се промене кретања (правца и вредности брзине кретања тела) не могу извршити без деловања других тела на то тело.

Нас најчешће не занима цео скуп тела која делују једно на друго, већ обично посматрамо само једно тело и шта се с њим дешава. Онда једноставно кажемо да на то тело делује сила. При томе треба стално имати на уму да сила потиче од других тела и да не постоји одвојено од тих тела.

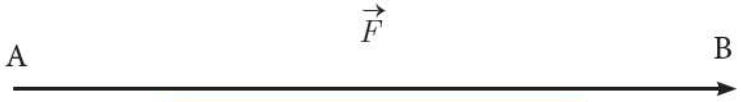
На основу тога се може закључити:

Сила је мера узајамног деловања тела.

Искуство показује да свака сила има извесну **јачину** (у физици се користи и израз **интензитет**), да има одређен **правац** и **смер** деловања, о чему треба водити рачуна. Тиме смо, у ствари, рекли:

Сила је векторска величина.

Сила се најчешће означава ознаком F, где је ово „F“ прво слово латинске речи fortis, што значи снажно или јако. Као што смо раније нагласили, стрелица изнад слова F означава векторску величину. Ако се пише без стрелице, онда F означава јачину (интензитет) те силе.



Слика 3.11. – *Вектор силе*

Јачина силе се исказује преко јединица силе, а то је њутн N. Назив је дат у част енглеског физичара Исака Њутна.

Тачка на телу из које или на којој делује сила назива се нападна тачка.

На слици 3.11. представљен је вектор силе F, интензитета (јачине) F, правац силе је AB, а смер јој је од A ка B.

3. Сила

Слагање сила

На неко тело може истовремено деловати једна или више сила. Уколико један човек не може покренути камен, покренуће га удружено деловање више људи – више сила (сл. 3.12). Ако два дечака желе да погурају неки сандук, то уместо њих може учинити једна одрасла особа. Две силе којима делују дечаци могу се заменити једном силом одрасле особе.

Сила којом се могу заменити две силе или више сила које истовремено делују на једно тело назива се **резултантна сила**. Замењене силе се називају **компоненте**.

Слика 3.12. – *Дејство више сила*

Ми ово сабирање сила обично називамо **слагање сила**. Разлог је следећи: стрелице над знаковима сила упозоравају нас да то није обичан аритметички збир или разлика. Зато треба бити опрезан! То је векторски збир. На срећу, у једноставним околностима он се може рачунати по познатим правилима аритметике. Док не научите да сабирате векторе, радићемо само једноставне случајеве.

Слагање сила истог правца и смера

Резултанта сила истога правца је паралелна компонентама, а јачина јој је једнака збиру јачина компонената:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \ldots$$

$$R = F_1 + F_2 + F_3 + \ldots$$

Графички се слагање (сабирање) вектора истог правца и смера обавља на следећи начин: на крај једне (ма које) силе надовеже се почетак друге, на крају друге почетак треће итд. Резултанта има почетак као и прва сила, а крај јој је на крају последње силе.

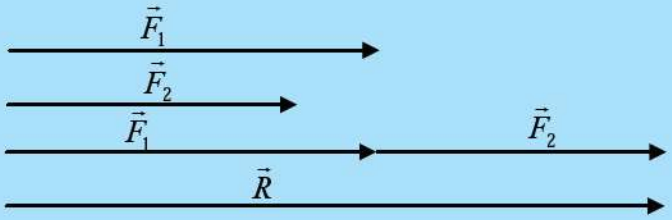
Пример

На једно тело делују у истом смеру силе јачина 5 N и 4 N. Њихова резултанта може се одредити рачунски и графички.

$F_1 = 5\ \text{N}$
$F_2 = 4\ \text{N}$

$R = ?$

а) графички



б) рачунски

$R = F_1 + F_2$

$R = 9\ \text{N}$

Резултанта две силе или више сила које су истог правца и смера једнака је збиру тих сила и има њихов смер.

3. Сила

Слагање сила истог правца али супротног смера

Слика 3.13. – *Силе истої правца и супротної смера*

Кад два дечака потежу уже у супротним смеровима, уже ће мировати ако су им силе једнаких јачина. Ако један дечак делује већом силом, уже ће се померати на његову страну.

Резултанта двеју сила које делују дуж истог правца, али у супротним смеровима, има јачину једнаку разлици њихових јачина, а смер веће силе.

Векторски се то и сада пише:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

На основу тога лако се закључује:

$$R = F_1 - F_2, \text{ за } F_1 = F_2, \text{ следи: } R = 0.$$

Ако су јачине двеју сила које истовремено делују на тело у супротним смеровима једнаке – онда им је јачина резултанте једнака нули. Каже се, у том случају, да су силе у равнотежи.

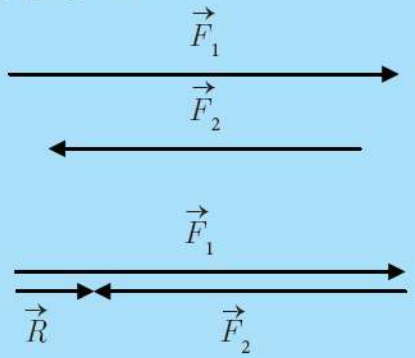
Пример

На једно тело делују силе јачине 5 N и 4 N у супротним смеровима. Њихова резултанта може се одредити рачунски и графички.

$F_1 = 5$ N
$F_2 = 4$ N

$R = ?$

а) графички:



б) рачунски:

$R = F_1 - F_2$
$R = 1$ N

3. Сила

3.4. Процена интензитета силе динамометром

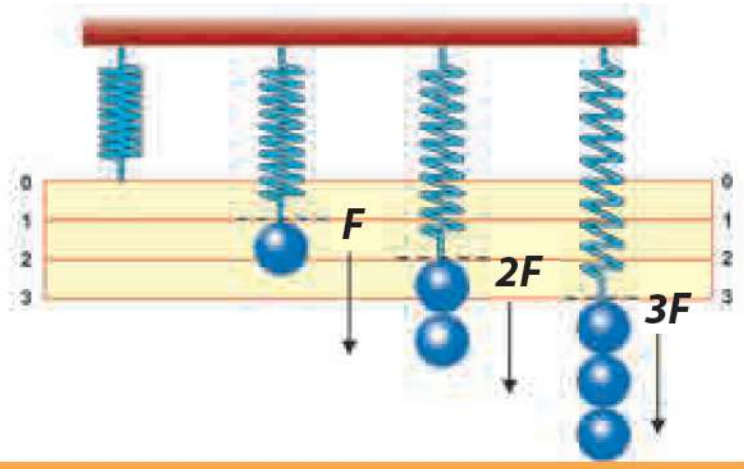
Како издужење еластичне опруге зависи од јачине силе која на њу делује? Размотримо слику 3.14.

Учврсти се да виси еластична опруга па се на њу каче једнаки тегови. При сваком качењу опруга се додатно издужује (деформише). Мере се издужења опруге.

На основу података са слике може се закључити:

Колико пута се повећа јачина силе (а то је тежина тегова), толико пута се повећа и издужење опруге. (Овде смо употребили израз „тежина“, који познајемо из свакодневног живота, а који ћемо убрзо прецизније дефинисати.)

Краће се каже: издужење опруге је управо сразмерно јачини силе која изазива деформацију.



Слика 3.14. – *Издужења опруге у зависности од јачине силе*

На овом принципу израђен је инструмент за мерење јачине силе, који се назива **динамометар**.

Динамометар се састоји од еластичне опруге поред које је причвршћена скала. Када се делује одређеном силом на динамометар (слика 3.15), еластична опруга се издужи и на скали се очита вредност јачине те силе. У примеру на слици динамометар је у усправном положају причвршћен за непокретну подлогу и директно мери вредност тежине тега (силе теже).

Слика 3.15. – *Динамометар*

Исти динамометар може се употребити за мерење јачина електричне, магнетне или неке друге силе. При томе он не мора заузимати увек вертикалан положај. (Овакви динамометри направљени за приказивање дејства силе називају се и **демонстрациони динамометри**.)

3. Сила

3.5. Сила Земљине теже и њена веза са тежином тела

Говорећи о гравитационом међуделовању, нагласили смо да Земља привлачи људе и све предмете који се налазе на њој или око ње.

Ако посматрамо с тачке гледишта тела која се налазе на Земљи, можемо рећи да Земља на њих делује силом која се назива **Земљина тежа**. Једна од последица дејства те силе је да сва тела без ослонца падају ка тлу. Када не би било отпора средине, у овом случају ваздуха, сва тела би падала на исти начин за који се каже да је слободно падање. Овим ћемо се бавити детаљније у 7. разреду.

Иако не падамо, ипак осећамо ефекат Земљине теже. Под дејством силе Земљине теже сва тела притискају подлогу која их спречава да крену наниже или затежу конац о који су обешена (слика 3.16).

Сила којом тело (под дејством силе Земљине теже) делује на хоризонталну подлогу или затеже конац о који је обешено, назива се **тежина тела**. Ако тело мирује или се креће по хоризонталној подлози, тежина тела се поклапа са силом Земљине теже по величини, али као што смо напоменули, тежина и сила Земљине теже која је изазива не делују на исто тело. Дакле, сила Земљине теже делује на нас, а ми због тога делујемо на подлогу својом тежином. Ову разлику треба увек имати у виду.

Слика 3.16. – *Дејство силе Земљине теже*

3. Сила

Посебно упамтити

- **Мера узајамног деловања тела је сила.**
- **Тежина је последица привлачног деловања Земље на сва тела.**

Питања

1. Шта одржава ваздух око Земље?
2. Зашто цигла остаје у мировању и на мало нагнутој дасци?
3. Зашто је сила векторска величина?
4. Зашто се хоризонтално бачена лопта не креће кроз ваздух праволинијски?
5. На чему се заснива рад динамометра?
6. Од чега зависи тежина тела? У којим јединицама се изражава?
7. Како кројач сакупља чиоде? Како је у песку најлакше открити изгубљени мали гвоздени предмет?
8. Навести силе које су деловале у следећим примерима:
а) падање јабуке са стабла,
б) одскакивање гумене лопте,
в)подизање косе код чешљања,
г) привлачење ексерчића магнетом,
д) заустављање аутомобила кочењем.

4. Мерење

Једна од карактеристика физике је да се изражава веома прецизно: рећи само да је нешто брзо или споро, тешко или лако, не значи баш много. Морамо бити прецизни и дати количинску меру нечега. У овоме нам знатно помаже математика. Ово значи да је физика ***егзактна наука****. У ту сврху је потребно да меримо различите величине везане за материју и природне појаве. Наравно, мерење нас окружује и у свакодневном животу и знамо да су цифре неумољиве – 45 минута часа је увек 45 минута, без обзира на то како нам они понекад изгледали. Управо то, да су мерне јединице свуда једнаке, умногоме олакшава све могуће контакте међу људима: путовања или трговину, на пример.*

Људи су одавно научили да мере, јер их је на то натерала потреба. Замислите какву моћ је имао свештеник у старом Египту: бројећи Месечеве мене он је најављивао да ће следеће недеље Нил почети да се повлачи, иако о томе није било наговештаја.

И поред тога што је мерење стара ствар, и што нас окружује од малих ногу (мама сигурно зна колико сте били дугачки кад сте се родили), показаће се да није тако лако нешто правилно измерити. Почели смо с мерењем дужине и времена, како бисмо могли да израчунавамо брзину тела. У овом поглављу сазнаћете много више о мерењу.

Да ли знате да...

Да ли знате да су већ код древних народа биле прописане казне за трговце који варају при мерењу? (Питајте и наставнике историје.) То довољно говори о значају мерења.

4. Мерење

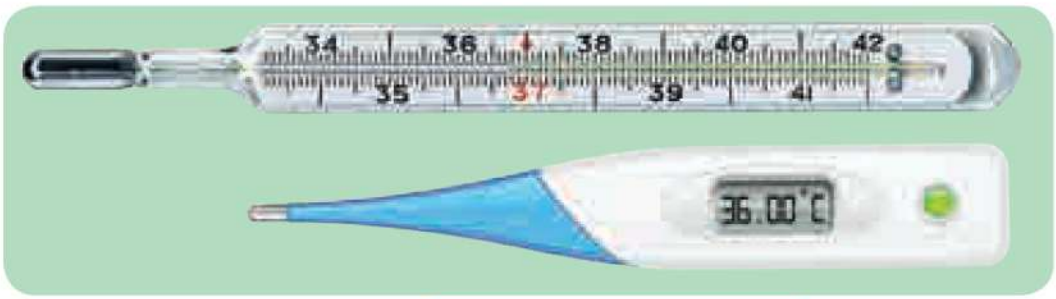
4.1. Физичке величине и њихове јединице. Међународни систем јединица

У првом поглављу објаснили смо да се величине које карактеришу физичко својство материје или физичку појаву називају **физичке величине**. Објаснили смо и да се под мерењем физичких величина подразумева њихово упоређивање.

Измерити неку физичку величину значи упоредити је са усвојеном јединицом мере те величине. Мерењем се одређује колико је пута величина која се мери већа или мања од усвојене јединице мере.

За мерење физичких величина потребно је прво утврдити **јединице мера** тих величина, а затим одабрати погодно средство за извођење поређења. Та средства називамо **мерила** или **мерни инструменти**. То су, на пример, метарски штап или лењир, затим часовник (слика 4.1), па термометар (слика 4.2) и слично.

Слика 4.1. – *Часовник*



Слика 4.2. – *Термометри*

Током историје, у различитим местима на Земљи, људи су користили различите јединице за мерење истих физичких величина. То је отежавало упоређивање резултата мерења и споразумевање међу људима.

Данас је већина земаља света прихватила Међународни систем величина и јединица (Le Système International [Систем мера] – одатле општеприхваћена скраћеница SI).

Значај Међународног система је у томе, што је његовим увођењем постигнуто јединство мера у читавом свету. Тиме је олакшана сарадња и размена информација и добара између различитих држава, како у трговини, тако и у индустрији, науци и животу уопште.

Да ли знате да...

Да ли знате да поступак опипавања чела за проверу телесне температуре, који спада у знања стечена од малих ногу, представља једноставну врсту мерења јер температуру своје руке упоређујемо са температуром чела?

4. Мерење

Њиме је утврђено да је за тумачење свих појава у природи довољно користити **седам физичких величина**. Зато се оне зову **основне величине**. Међународним договором је утврђено да основне величине буду: **дужина, време, маса, температура, јачина електричне струје, јачина светлости** и **количина супстанције**.

Да ли знате да...

Велика Британија и њене бивше колоније у свакодневном животу користе друге јединице за дужину, али њихови научници своје резултате изражавају у јединицама Међународног система.

Основне величине и јединице Међународног система

Величина	Ознака	**Јединица**	Ознака
Дужина	l	метар	m
Маса	m	килограм	kg
Време	t	секунд(а)	s
Температура	T	келвин	K
Јачина електричне струје	I	ампер	A
Јачина светлости	J	кандела	cd
Количина супстанције	n	мол	mol

Све остале физичке величине дефинисане су помоћу ових – основних величина. Тако, на пример, површина и запремина су дефинисане дужином (површина круга или лопте – дужином полупречника итд.). Слично је и са осталим физичким величинама, нпр. брзина се изражава преко пређеног пута и времена (отуд јединица $\frac{m}{s}$).

Истим договором усвојене су **јединице основних физичких величина**, које се зову **основне јединице**. Оне су врло тачно одређене одговарајућим **стандардима** или **еталонима**. Еталон неке јединице је физичко тело које има строго одређену вредност те физичке величине. Када се јединица физичке величине задаје стандардом, наводе се експериментални услови под којима се та физичка величина може измерити.

Да ли знате да...

Пример изведене јединице је њутн који се преко основних јединица изражава као:

$$N = \frac{kg \cdot m}{s^2}.$$

Како је настала ова формула, сазнаћете у седмом разреду.

Величине и јединице означавају се одређеним симболима – словима. Да би се разликовало: физичке величине се пишу (латиничним) искошеним, а јединице (латиничним) усправним словима. До сада смо упознали две изведене величине и њихове јединице. То су, већ поменута, брзина с јединицом $\frac{m}{s}$, и сила с јединицом $N = \frac{kg \cdot m}{s^2}$.

4. Мерење

Када су потребне веће или мање јединице од основних или изведених, оне се добијају додавањем тзв. префикса испред назива јединице.

За мање јединице најчешће се употребљавају:

- **деци** – што је префикс за десетину или десети део (нпр. дециметар је десети део метра: 1 dm = 0,1 m);
- **центи** – што је стоти део (нпр. центињутн је стоти део њутна: 0,01 N = 1 cN);
- **мили**, који означава хиљадити део (нпр. милисекунда је хиљадити део секунде: 0,001 s = 1 ms);
- **микро** – милионити део (нпр. микроампер је милионити део ампера: 1 μA = 0,000001 A).

Од префикса већих јединица споменућемо:

- **дека** – за десет пута већу јединицу (нпр. декаампер је десет ампера: 1 daA = 10 A);
- **хекто** – за сто пута већу (нпр. хектолитар је сто литара: 100 ℓ = 1 hℓ);
- **кило** – за хиљаду пута већу (нпр. килињутн је хиљаду њутна: 1 kN = 1 000 N);
- **мега** – префикс за милион пута већу јединицу (нпр. мегават је једнак милион вати: 1 MW = 1 000 000 W).

Проблем нам ствара основна јединица килограм и о томе које су веће и мање јединице од ње биће речи када се буде говорило о проучавању масе.

Прописи сваке државе допуштају и употребу одређених ванситемских јединица. Тако се свуда као веће јединице од секунде употребљавају минут (min, 1 min = 60 s) и час или сат (h, 1 h = 60 min = = 3 600 s), а код нас и у већем делу Европе за запремину течности је допуштена употреба јединице литар, и то је запремина једног кубног дециметра: 1 ℓ = 1 dm^3.

Да ли знате да...

Велика царства су стално покушавала да уведу јединствене системе мера на својој територији, али је то увек било привремено. Коначно је „победила“ једна од крилатица Француске револуције: „За сва времена, за све људе“ („A tous les temps, a tous les peuples“) – и тако је започело увођење метарског система.

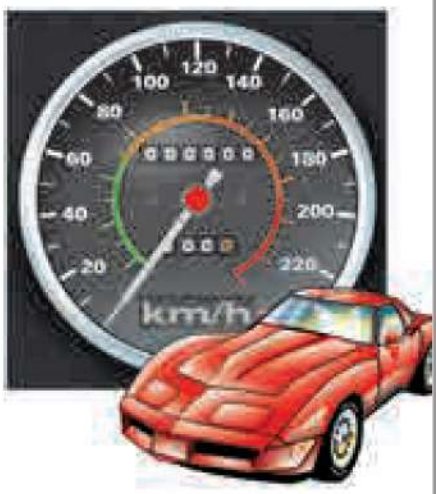
4. Мерење

4.2. Мерила и мерни инструменти, директно и индиректно мерење

Постоје физичке величине које се мере непосредно (директно), нпр.: дужина, маса, време, али и интензитет брзине и силе, температура, јачина електричне струје и друге. Тако се, нпр. за мерење температуре користи термометар (слика 4.2), за мерење јачине електричне струје – амперметар (слика 4.3), а за мерење утрошене електричне енергије – електрично бројило. За мерење ових величина користе се једноставни уређаји који се називају **мерила**. Најчешће се употребљавају: лењир или метарска трака за дужину, вага (теразије) за масу, хронометар (штоперица) за време и слично.

Слика 4.3. – *Амперметар*

Међутим, много више је физичких величина које се не могу мерити мерилима, већ посредно, помоћу неког посебног техничког решења, коришћењем одређених физичких појава. На пример, температура се мери термометрима на основу топлотног ширења живе (слика 4.2), динамометром – интензитет силе, на основу еластичности (истезања) опруге, затим амперметром – јачина електричне струје (слика 4.3), интензитет брзине кретања – брзинометром (слика 4.4) итд. Уређаји за мерење ових величина називају се **мерни инструменти**. У ову врсту мерних уређаја спадају и сви мерачи, сада савремени – дигитални мерачи, нпр. мерачи масе у продавницама, температуре околине, утрошене електричне енергије у домаћинству и многи други.



Слика 4.4. – *Брзинометар*

Без обзира на то да ли се мерење врши мерилима или мерним инструментима, уколико се на скали или дисплеју директно очитава мерена величина у одговарајућим јединицама, онда је то директно мерење.

Мерење помоћу мерила и мерних инструмената је директно упоређивање физичких величина и њихових јединица и зато се назива **директно мерење**.

Ипак, велики је број оних физичких величина које се не могу директно мерити, већ посредно, преко одређеног рачунског поступка (на основу одређених формула) и помоћу других, директно мерених величина. Овакав начин мерења примењује се, на пример, приликом одређивања површине (мере се димензије, нпр. дужина и ширина правоугаоника, пречник круга и сл.) или запремине правилних геометријских тела, потом густине (нпр. мере се маса и запремина течности помоћу ваге и мензуре), као и приликом одређивања интензитета средње брзине кретања аутомобила када се мери дужина пређеног пута и време проведено на том путу итд. Овакве величине, које се не мере директно, већ се израчунавају, јесу индиректно мерене величине. Зато се и каже да се оне одређују, а не мере.

4. Мерење

Одређивање вредности физичких величина мерењем других величина и израчунавањем помоћу одговарајућих формула јесте индиректно упоређивање физичких величина и њихових јединица и зато се назива **индиректно мерење**.

Да би се могло приступити мерењу, после провере исправности мерила или инструмента, потребно је одредити мерни опсег или опсег мерења тог мерног уређаја. Мерни опсег представља мерне границе мерног уређаја и он се рачуна за сваки мерни уређај. Прво треба прочитати која је јединица мере тог уређаја, нпр. на слици 4.2 на термометру су то Целзијусови степени (^{0}C), а на слици 4.3, код амперметра, то су милиампери (mA). Затим се рачуна мерни опсег, и то тако што се од крајњег (највећег) броја на скали одузима онај најмањи – на почетку скале. У случају термометра са слике 4.2 мерни опсег износи 42 ^{0}C – 33 ^{0}C = 9 ^{0}C, а за амперметар са слике 4.3: 10 – 0 = 10 mA.

Следећа предрадња мерењу јесте одређивање тачности мерног уређаја. Тачност мерила или мерног инструмента представља вредност једног (најмањег) подеока на скали тог мерног уређаја. И тачност се израчунава, и то тако што се мерни опсег подели са укупним бројем подеока на скали датог мерног уређаја. Термометар са сл. 4.2 има 90 подеока, па је његова тачност једнака: $\tau = \frac{9\ ^\circ\mathrm{C}}{90\ \mathrm{pod}} = 0{,}1\ \frac{^\circ\mathrm{C}}{\mathrm{pod}}$, а за амперметар са сл. 4.3 она износи: $\tau = \frac{10\ \mathrm{mA}}{100\ \mathrm{pod}} = 0{,}1\frac{\mathrm{mA}}{\mathrm{pod}}$.

Тек након овога може се приступити мерењу дате величине (X). Очита се број подеока који заузима мерена величина, или до којег скрене казаљка инструмента (N), и тај број се помножи тачношћу, па је резултат мерења: $X = \mathrm{N}\ \tau$ [јединица мере].

4. Мерење

Пример

Инструмент чија је скала подељена на 30 делова употребљава се као брзинометар с мерним опсегом 0 – 150, а јединица мере је km/h. Треба одредити тачност овог инструмента. Уколико је казаљка отклоњена на десетом подеоку од нуле, колики интензитет брзине показује тај инструмент?

Подаци:

Опсег: 150 – 0 = 150 km/h

Укупан број подеока: 30

$\tau = ?$

N = 10

$v = ?$

Решење:

Тачност: $\tau = \frac{150\,\mathrm{km/h}}{30\ \mathrm{pod}} = 5\,\frac{\mathrm{km/h}}{\mathrm{pod}}$

Показивање брзинометра:

$$v = N \cdot \tau = 10\ \mathrm{pod} \cdot 5\,\frac{\mathrm{km/h}}{\mathrm{pod}} = 50\,\mathrm{km/h}$$

Дефинисан мерни опсег и дефинисана тачност мерила и мерних инструмената важни су и неопходни подаци да би могло да се мери, тј. да се „очитавају“ измерене вредности физичких величина, али само код **аналогних мерних уређаја** (оних са скалом), док се код **дигиталних** резултат аутоматски исписује на дисплеју!

Независно од овога, лако закључујемо да је резултат сваког мерења (директног или индиректног) неке физичке величине – бројна вредност и одговарајућа јединица те величине, па можемо рећи следеће:

Мерење је технички поступак којим се одређују бројне вредности физичких величина, изражених у одређеним јединицама.

Добијене вредности мерених физичких величина не могу бити апсолутно тачне. Наиме, мерни уређаји (мерила и инструменти) нису савршени, а праве се и грешке при самом очитавању.

4. Мерење

4.3. Мерење и одређивање запремине

Да ли знате да...

Да ли сте приметили да се у свакодневном животу користи израз „кубик“ као мера за запремину, али у различитом значењу? Кад неко купи за огрев „два кубика дрва“, он је купио 2 m^3. Аутомобил има „1 800 кубика“ – значи да радна запремина мотора износи 1 800 cm^3 = 1,8 ℓ.

У уводном делу смо дефинисали да се одређивање запремине тела правилног геометријског облика своди на мерење дужине. На пример, запремине квадра или сфере и других тела правилног облика израчунавају се помоћу одговарајућих математичких формула. Претходно се директно измере неопходне димензије тих тела (код квадра мере се ивице, код сфере је довољно измерити њен пречник).

Подсетимо се да је јединица за запремину у Међународном систему јединица кубни метар (m^3), те да се веће јединице практички не употребљавају, док се мање јединице користе, и то:

кубни дециметар (dm^3) **1 dm^3 = 0,001 m^3;**

кубни центиметар (cm^3) **1 cm^3 = 0,000001 m^3.**

Кубни дециметар се још зове и литар (ℓ): 1 ℓ = 1 dm^3, а веома лако се може израчунати да је 1 милилитар (mℓ) једнак 1 cm^3.

Мерење мензуром

Слика 4.5. – *Мензура*

Запремина течних тела може се директно мерити **мензуром** (слика 4.5). То је цилиндрични стаклени суд на чијем се зиду налази скала са подеоцима најчешће у cm^3, односно у mℓ.

Поступак за мерење запремине течности је следећи. У мензуру се улије течност и, на скали, директно прочита њена запремина.

Запремина чврстог тела нерастворљивог у течности, такође може да се мери – мензуром. У мензуру се сипа течност до одређене запремине. Затим се у мензуру потопи тело чија се запремина мери и прочита се укупна запремина. Одузимањем запремине течности од укупне запремине, добија се запремина тела.

Овај метод мерења запремине посебно је погодан код чврстих тела неправилног облика. Поред тога што чврсто тело не сме бити растворљиво у течности, оно мора и да тоне у њој!

4. Мерење

4.4. Резултат и грешке мерења

Резултат сваког мерења је нека бројна вредност мерене величине, па можемо рећи:

Мерење је поступак којим се одређују бројне вредности физичких величина изражених у одређеним јединицама.

Добијене вредности мерених физичких величина **не могу бити апсолутно тачне**. То се тумачи тиме што мерни инструменти нису савршени и што се праве грешке при самом очитавању.

Да би се добила што тачнија измерена вредност, величине се мере више пута и израчунава се њихова **средња вредност**. Одређивањем средње вредности, резултат мерења се приближава тачној вредности. Тиме се чини **мања грешка**.

Како се све ово ради, објаснићемо на једном примеру. Нека 5 ученика метарском траком мери дужину радног стола. Ево њихових резултата:

Стева	$a_1 = 95\ \text{cm и } 2\ \text{mm} = 952\ \text{mm}$
Јана	$a_2 = 94\ \text{cm и } 9\ \text{mm} = 949\ \text{mm}$
Пера	$a_3 = 95\ \text{cm и } 5\ \text{mm} = 955\ \text{mm}$
Сара	$a_4 = 95\ \text{cm и } 8\ \text{mm} = 958\ \text{mm}$
Мила	$a_5 = 95\ \text{cm и } 6\ \text{mm} = 956\ \text{mm}$

Када имамо резултате (поновљених) мерења, увек се постављају нека питања. Нпр. ко је овде био у праву, тј. ко је тачно измерио? *Правилније питање:* ко је најтачније измерио, односно, ко је учинио најмању грешку?

Одговор на прво питање је помало изненађујући: сви су у праву! А најтачнији резултат се добија као средња вредност појединачних мерења.

Средња вредност резултата поновљених мерења је аритметичка средина свих мерења. Дакле, треба сабрати све резултате и поделити их бројем мерења! За овај пример то износи:

$$a_{\text{ср}} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5}{5}$$

$$a_{\text{ср}} = \frac{952\ \text{mm} + 949\ \text{mm} + 955\ \text{mm} + 958\ \text{mm} + 956\ \text{mm}}{5} = 954\ \text{mm}$$

Што се већи број мерења изврши, резултат је све тачнији! Најбоље би било када би сви ученици из разреда измерили ову димензију радног стола.

Тек сада се може одредити одступање појединих резултата од средње вредности. Ово одступање се назива **апсолутна грешка**.

Да ли знате да...

Физичка величина одређена је бројном вредношћу и одговарајућом јединицом мере. До бројне вредности те физичке величине долазимо мерењем.

Да ли знате да...

Приметимо да је физика једна од ретких наука, бар од оних које сте упознали, која не тврди да је „без грешака“, већ вам од самог почетка скреће пажњу на грешке мерења.

Она представља одступање појединачног резултата од средње вредности. У ствари, апсолутна грешка показује за колико се мерена вредност разликује од средње вредности.

У наведеном примеру, апсолутне грешке су:

Стева	$\Delta a_1 = \lvert a_{ср} - a_1 \rvert = \lvert 954\ \mathrm{mm} - 952\ \mathrm{mm} \rvert = 2\ \mathrm{mm}$
Јана	$\Delta a_2 = \lvert a_{ср} - a_2 \rvert = \lvert 954\ \mathrm{mm} - 949\ \mathrm{mm} \rvert = 5\ \mathrm{mm}$
Пера	$\Delta a_3 = \lvert a_{ср} - a_3 \rvert = \lvert 955\ \mathrm{mm} - 954\ \mathrm{mm} \rvert = 1\ \mathrm{mm}$
Сара	$\Delta a_4 = \lvert a_{ср} - a_4 \rvert = \lvert 958\ \mathrm{mm} - 954\ \mathrm{mm} \rvert = 4\ \mathrm{mm}$
Мила	$\Delta a_5 = \lvert a_{ср} - a_5 \rvert = \lvert 956\ \mathrm{mm} - 954\ \mathrm{mm} \rvert = 2\ \mathrm{mm}$

Када су одређени средња вредност и појединачне грешке, записујемо резултат мерења. Коначни резултат мерења се пише у следећем облику:

$$a = a_{ср} \pm \Delta a.$$

При томе, увек се мора изабрати највећа апсолутна грешка. То значи да је она: $\Delta a = 5\ \mathrm{mm}$.

На основу тога, правилно се закључује да је 5 ученика успешно измерило дужину стола и резултат је:

$$a = (954 \pm 5)\ \mathrm{mm}.$$

А да ли је грешка од 5 mm велика? У овом примеру није, зато што је тих 5 mm мало у односу на 954 mm (средња вредност). Али ако би се таква иста грешка направила при мерењу дебљине стола ($d = 2\ \mathrm{cm} = 20\ \mathrm{mm}$), онда би то била велика грешка! Ако би се измерила висина учионице ($h = 3{,}5\ \mathrm{m} = 3500\ \mathrm{mm}$), са истом тачношћу, онда би грешка била изузетно мала!

Значи, ради оцене величине апсолутне грешке, она се мора упоредити са мереном вредношћу. Однос (количник) апсолутне грешке и средње вредности је **релативна грешка** мерења. То је само број, он нема јединицу мере.

У изнетом примеру, релативна грешка износи:

$$\delta a = \frac{\Delta a}{a_{ср}} = \frac{5\ \mathrm{mm}}{954\ \mathrm{mm}} = 0{,}005$$

Уколико је релативна грешка мања од 0,1 – сматра се да је мерење извршено коректно!

4. Мерење

Посебно упамтити

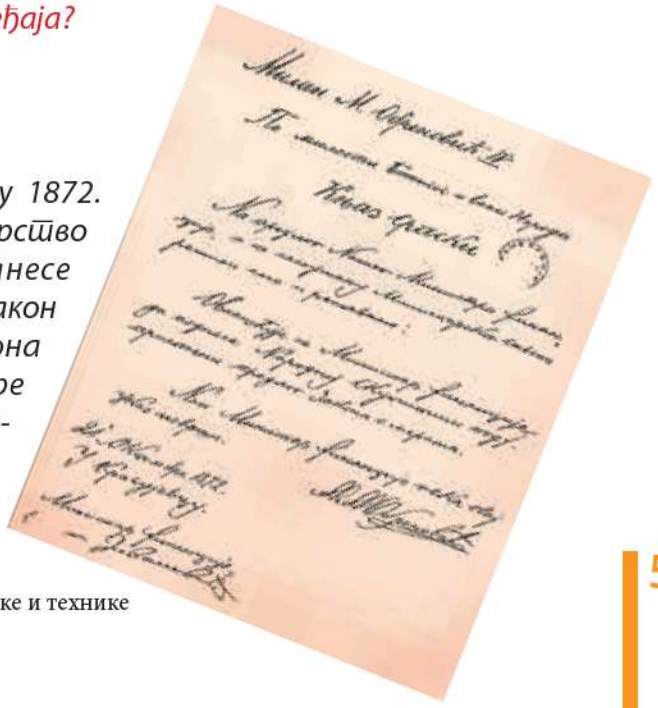
- **Величине које карактеришу физичке особине материје или физичку појаву, зову се физичке величине.**
- **Измерити неку физичку величину значи упоредити је са усвојеном јединицом мере те величине.**
- **У Међународном систему јединица постоји седам основних јединица, а остале су изведене.**

Питања

1. Зашто је лењир тањи са оне стране на којој су подеоци?
2. Уз горњи руб неких мензура стоји ознака mℓ, а на некима cm³. Да ли је то исто?
3. Којим се временским јединицама изражава:
а) трка такмичара на 100 m,
б) трајање школског часа,
в) радни дан у предузећу,
г) људски живот?
4. Замолите наставника историје да вам исприча шта се све догађало током Првог светског рата са еталонима метра и килограма које је поседовала Србија.
5. Шта представља тачност мерног уређаја?

Увођење метарског система у Србији

Кнез Милан Обреновић IV је у октобру 1872. године издао Указ да се овлашћује Министарство финансија да Народној скупштини поднесе предлог Закона о мерама. Скупштина је овај Закон усвојила 1. XII 1873. године. Први члан Закона приказан је на слици. Ово се све десило пре Метарске конвенције која је одржана у Паризу 1875. године, а Кнежевина Србија јој је званично приступила 1879. године.



Факсимил преузет из књиге „Свет мерења“, издање Музеја науке и технике

5. Маса и густина

Појам масе је познат из искуства, али га у свакодневном животу мешамо са тежином, па ћемо то покушати да разјаснимо у даљем тексту. Исто тако, и нехотице, масу повезујемо са запремином, јер када су тела од исте супстанције, онда тело веће запремине има сигурно и већу масу (а и тежину). Када упоређујемо тела начињена од различитих супстанција, треба одабрати начин поређења, па бирамо да поредимо исте запремине. Тако долазимо до појма густине, као масе коју има јединица запремине неке супстанције. (Зато се као други израз за „густину“ појављује и „запреминска маса“.)

5. Маса и густина

5.1. Инертност тела. Закон инерције – I Њутнов закон

Из свакодневног искуства се зна да ће се бициклиста кретати и после престанка окретања педала. Кад се аутобус нагло заустави, путници посрну унапред, а кад полази из станице, тргну се уназад. Књига на столу неће променити стање мировања без дејства неке силе.

Појаву да сва тела остају у стању мировања или једноликог праволинијског кретања ако на њих не делује сила, први је истакао **Галилеј** и назвао је **инерција**. Њу је касније проучио **Њутн** и дао дефиницију која је позната као **Први Њутнов закон**, или **Закон инерције**. Овај закон гласи:

Свако тело задржава стање мировања или равномерног праволинијског кретања, све док га нека сила не принуди да то стање промени.

Од великог грчког филозофа Аристотела остала је идеја да кретање престаје када престане да делује сила која га је проузроковала, па је средњовековним научницима било веома тешко да схвате могућност кретања по инерцији.

Многе појаве у свакодневном животу потврђују закон инерције. На пример, кад се суд пун воде нагло повуче, вода се прелива на супротној страни суда. То се објашњава тежњом воде да задржи своје првобитно стање – мировање.

Људи користе закон инерције док обављају најразноврсније физичке послове. Тако се ударцима о супротан крај дршке навлачи глава чекића на држач.

Али ако, на пример, гумену лопту и гвоздену масивну куглу треба покренути по равном тлу, онда се за покретање кугле мора употребити већа сила него за покретање лопте. Исто тако, ако се ова два тела крећу истом брзином, за заустављање кугле мора се употребити већа сила него за заустављање лопте.

За тело које се јаче опире промени брзине каже се да има већу масу, а за оно које се мање опире – да има мању масу. Како је својство тела да брзину задржава непромењеном названо инерцијом, за тела веће масе каже се да су инертнија, а за тела мање масе – да су мање инертна. Према томе:

Маса тела је мера за инертност тела.

Да ли знате да...

На кретање тела по некој подлози утиче сила трења. Због тога гурнута куглица постепено смањују брзину и на крају стану. Када би се могло отклонити трење, не би било промене у кретању тела. У том случају, тело које се креће, не би се никада зауставило.

5. Маса и густина

5.2. Маса тела

У свакодневном животу се користе још и:

грам

$$1\text{g} = \frac{1}{1\,000}\text{kg}$$

тона

$$1\text{t} = 1\,000\ \text{kg}$$

вагон

10 t

Искуство каже: **маса је једна од основних особина сваког тела.**

Маса тела не зависи од његовог положаја у простору.

Маса се означава словом m.

Основна међународна јединица масе је килограм (kg).

Еталон килограма је пракилограм. Он је направљен од платине и иридијума и чува се у Севру код Париза у Међународном бироу за мере и тегове (слика 5.1).

Слика 5.1. – *Еталон килограма*

Напоменули смо да нам проблем ствара основна јединица килограм, која је преузета из система у којем је грам (хиљадити део килограма) био основна јединица и зато с префиксима јединица за масу треба бити опрезан. Милиграм је хиљадити део грама, дакле милионити део килограма! Један декаграм (dag) јесте десет грама, и чак и данас можете чути да неко купује „десет дека саламе“ (а то је сто грама). Код већих јединица имамо тону, као масу од 1 000 килограма.

Оно што нас даље занима је на које начине се у свакодневном животу испољава ова особина тела. Њено испољавање се огледа у двема физичким појавама: **гравитационом привлачењу и инертности тела**.

Да ли знате да...

Уочите да је дуго времена постојао проблем мешања масе и тежине, а он постоји и данас у свакодневном животу. Па ипак, и поред језичке конфузије, сви тачно знамо о чему се ради.

Већ смо рекли да је тежина последица привлачног деловања Земље на сва тела. Искуство каже да Земља јаче привлачи тела веће масе него тела мање масе. Канта напуњена водом више затеже руку од празне канте. Маса пуне канте већа је од масе празне канте, а већа јој је и тежина, јер њу препознајемо као силу која затеже руку. Масе тела које Земља привлачи истом силом, сматрају се једнаким. Ако, дакле, Земља подједнако привлачи два тела масе m_1 и m_2, онда се може рећи да је маса m_1 једнака маси m_2.

Постоји, међутим, још једна појава при којој се испољава особина тела названа масом. Тело веће масе се теже покрене с места и теже заустави него тело мање масе. Зато се каже да су тела веће масе **тромија (инертнија)**. Већ смо говорили о инерцији.

Закључујемо да маса тела игра основну улогу код две различите физичке појаве – инерције и гравитационог међуделовања.

5. Маса и густина

5.3. Маса и тежина

Дешава се да и од бољих ученика чујемо: „Како ми је торба тешка, има у њој бар 20 кила!“. У свакодневном животу се појмови масе и тежине често поистовећују. Зато је ово прави тренутак да на једном месту објединимо оно што смо до сада говорили о маси и тежини и да закључимо зашто долази до забуне.

Речено је да је маса особина сваког тела и да је мера његове инертности. Навели смо да је тежина сила којом тело (под дејством Земљине теже) делује на хоризонталну подлогу или затеже конац о који је обешено.

За тело које мирује или се креће по хоризонталној подлози, тежина је по величини једнака сили којом Земља привлачи тело. Сила којом Земља привлачи тело масе m, једнака је:

$$F_g = m \cdot g$$

где је g константна величина за дату географску ширину (њена вредност се смањује када се померамо од екватора ка половима). На нашим географским ширинама $g = 9{,}81\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}$.

Дакле, постоји сразмера између силе теже (а када тело мирује она је по вредности једнака тежини) и масе тела. То је разлог мешања ова два појма у свакодневном животу, који нас не оправдава да и даље чинимо исту грешку.

Маса тела је стална величина која се не мења приликом премештања тела с једног места на друго.

Тежина тела се мења с променом његовог положаја. Већ смо споменули да се мења с географском ширином. Поред тога, када се тело однесе на Месец тежина му је шест пута мања него на Земљи.

У следећој лекцији ћемо видети да када станемо на вагу, ми на њу делујемо силом – нашом тежином. Тежина се обично обележава са Q. Пошто за тело које мирује важи:

$$Q = F_g,$$

онда своју тежину можемо да израчунамо као

$$\boxed{Q = m \cdot g}\ .$$

5. Маса и густина

5.4. Мерење масе

Вага (теразије) је веома стари инструмент за мерење масе.

Непозната маса неког тела упоређује се на ваги са познатом масом тегова.

Код ваге једнаких кракова, ослонац је у средини полуге и краци се око њега слободно окрећу. На крајевима слободно висе два таса: један за тегове и други за тело непознате масе.

Када се два таса ваге једнаких кракова умире у хоризонталном положају, каже се да су у равнотежи. Тада су масе тела на тасовима једнаке:

$$m_1 = m_2 .$$

Из претходно реченог, прилично је јасно да ми, у ствари, упоређујемо тежину тела и тежину тегова и одатле закључујемо о односу, односно, једнакости њихових маса.

Поступак мерења вагом упознаћете током лабораторијских вежби, док ће стварни принцип рада (једнокрака полуга) бити објашњен у 7. разреду.

Лабораторијска вага (слика 5.2) се користи за прецизна мерења до милионитог дела килограма.

Посебну пажњу треба посветити њеном намештању и усклађивању. Тегови мале масе се приносе специјалном хватаљком (пинцетом).

Слика 5.2. – *Лабораторијска вага*

Слика 5.3. – *Електронска вага*

5. Маса и густина

Слична вага се користи у хемијским лабораторијама и апотекама, па се стога и назива **апотекарском** вагом.

Данас су у употреби савремене **електронске ваге** – мерни инструменти, чији ћете принцип рада упознати на вишим курсевима физике. Таква вага приказана је на слици 5.3.

Да ли знате да...

Ево података о масама атлетичарских реквизита које користе бацачи: диск за мушкарце има 2 kg, а диск за жене 1 kg; кугла за мушкарце има 7,257 kg а за жене 4 kg; копље за мушкарце има 800 g, а за жене 600 g; кладиво (кугла, жица и ручка заједно) има масу за мушкарце 7,26 kg за жене 4 kg.

5. Маса и густина

5.5. Густина тела

Тела се разликују по запремини, маси и врсти супстанције.

Различите супстанције се разликују по густини.

Мерењем је утврђено да маса $1\,\mathrm{m}^3$ гвожђа износи око 7 800 kg, а маса $1\ \mathrm{m}^3$ буковог дрвета око 750 kg. Маса и запремина тела одређују физичку величину која се назива **густина** тог тела. Она је карактеристична за сваку супстанцију.

Зашто је битан појам густине? Зато што је тешко упоређивати тела начињена од различитих супстанција. Стога се упоређују једнаке запремине и тек тако имамо праву слику. Значи, **густина је бројно једнака маси јединичне запремине (1 m^3) неке супстанције. Та величина је важна особина супстанције и означава се грчким словом ρ (ро).**

Други начин да се то искаже је следећи:

Количник масе и запремине тела је стална величина и то је управо густина:

$$\text{густина} = \frac{\text{маса}}{\text{запремина}}.$$

Знајући да је ознака масе m, а запремине V, густина се изражава једначином:

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

Одавде можемо извести и јединицу густине.

Изведена јединица густине у Међународном систему јединица је килограм по кубном метру $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.

Уочите да је густина величина изведена из масе и запремине.

Густине неких супстанција дате су у следећој табели.

Назив супстанције	Густина $[\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}]$
Злато	19 300
Гвожђе	7 800
Бетон	2 200
Буково дрво	750
Вода	1 000
Жива	13 600
Бензин	710
Алкохол	800

5. Маса и густина

Пример

Комад леда у облику коцке, ивица $a = 10\ \mathrm{cm}$, има масу $m = 0{,}9\ \mathrm{kg}$. Колика је густина леда?

Подаци:
$a = 10\ \mathrm{cm}$
$m = 0{,}9\ \mathrm{kg}$

$\rho = ?$

Решење:

$$V = a^3 = 10^3\ \mathrm{cm}^3 = 1\ 000\ \mathrm{cm}^3 = 0{,}001\ \mathrm{m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0{,}9\ \mathrm{kg}}{0{,}001\ \mathrm{m}^3} = 900\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$$

Одређивање густине чврстих тела је описано у оквиру лабораторијских вежби.

Средња густина

До сада смо говорили о густини као особини чистих супстанција.

Проблем је што у неким ситуацијама треба да посматрамо тела сачињена од различитих супстанција и да баратамо њиховом густином. У следећем разреду ћемо говорити управо о таквом проблему: да ли је „густина брода“ већа или мања од густине воде?

У ту сврху уводимо појам **средње густине** тела. Једноставно ћемо рећи да је **средња густина неког тела једнака количнику његове масе и његове укупне запремине**. Овде, наравно, не говоримо о маси јединице запремине брода, али можемо замислити тај брод као тело те исте запремине и средње густине.

5. Маса и густина

5.6. Одређивање густине тела

Уочавамо да је за одређивање густине тела потребно познавати, односно измерити његову масу и запремину. Маса се мери теразијама а запремина тела може да се одреди рачунски или измери мензуром. Ово зависи од тога да ли је тело правилног или неправилног облика, јер само телу правилног геометријског облика може се одредити запремина рачунским путем (помоћу формуле) и на основу његових измерених димензија. О овим мерењима и одређивањима запремине и густине тела детаљније ћете се упознати путем одговарајућих лабораторијских вежби.

Поред овог проблема са запремином чврстог тела, треба водити рачуна и о томе у ком агрегатном стању се налази тело. Начин мерења запремине и масе супстанција у течном и гасовитом стању битно се разликује од овог што је речено за чврста тела.

Да би се измерила маса течности, прво се мери маса празног суда, а затим маса суда испуњеног течношћу. Разлика ових двеју вредности јесте маса течности. Запремина течности мери се тако што се она сипа у мензуру и прочита вредност. О методологији оваквог мерења сазнаћете више на часовима лабораторијских вежби.

Одређивање густине чврстих тела је описано у практикуму за лабораторијске вежбе.

Пример

Маса празног суда је 0,12 kg, а његова запремина 150 cm^3. Када се овај суд испуни непознатом течношћу, његова маса износи 0,24 kg. Одредити врсту течности која се налази у суду.

Подаци:

Маса празног суда: $m_1 = 0{,}12\ \text{kg}$

Маса пуног суда: $m_2 = 0{,}24\ \text{kg}$

Запремина суда – течности: $V = 150\ \text{cm}^3 = 0{,}00015\ \text{m}^3$

$\rho = ?$

Решење:

Маса течности: $m = m_2 - m_1 = 0{,}24\ \text{kg} - 0{,}12\ \text{kg} = 0{,}12\ \text{kg}$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0{,}12\ \text{kg}}{0{,}00015\ \text{m}^3} = 800\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

На основу података из табеле закључујемо да је суд испуњен алкохолом.

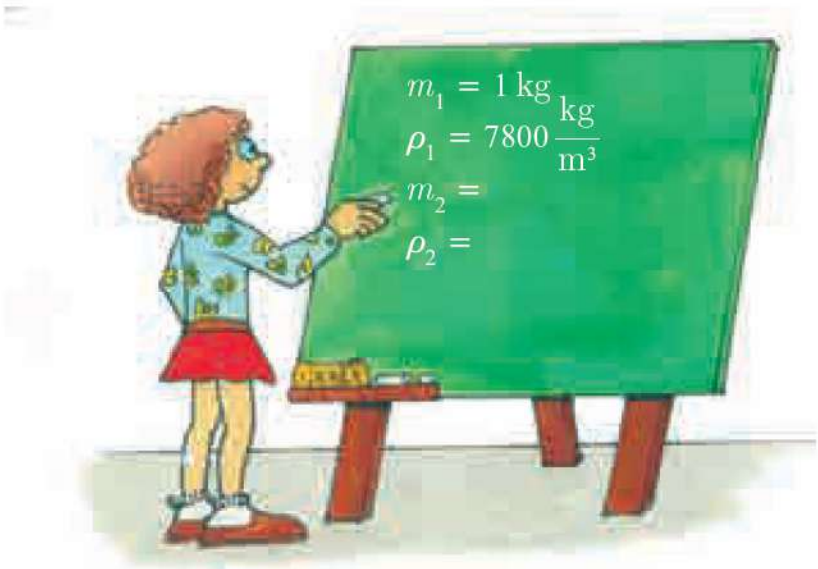
5. Маса и густина

Посебно упамтити

- **Први Њутнов закон или Закон инерције гласи: Свако тело задржава стање мировања или равномерног праволинијског кретања, све док га нека сила не принуди да то стање промени.**
- **Маса је основна физичка величина – особина тела и мера његове инертности.**
- **Количник масе и запремине тела је стална величина. Та величина је важно својство супстанције и назива се густина тела.**

Питања

1. *Куће направљене од злата и гвожђа једнаке су по величини. Која кућа има већу масу? (Податке о густини узети из табеле.)*
2. *Да ли је већа густина чисте воде или смеше воде и алкохола?*
3. *Колико пута је већа густина живе од густине воде?*
4. *Колико пута је већа маса воде од масе ваздуха ако су им запремине исте?*
5. *Да ли је густина истих тела на Месецу и Земљи иста?*
6. *Шта има већу запремину: гвоздено тело масе* 1 kg *или дрвено тело масе* 1 kg*?*



5. Маса и густина

Исак Њутн

Исак Њутн (Isaac Newton, 1643–1727) један је од највећих научника које је човечанство имало. Формулисао је три основна закона механике, као и закон гравитације, и на основу тога објаснио кретање небеских тела. Бавио се природом боја и, уопште, особинама светлости и конструкцијом телескопа. Дао је значајне доприносе и у математици. О његовим доприносима физици говорићемо више у VII и VIII разреду.

Галилео Галилеј

Галилео Галилеј (Galileo Galilei, 1564–1642), велики физичар, формулисао је закон инерције пре Њутна, објаснио релативност кретања и проучавао убрзано кретање. Први је употребио дурбин као телескоп за посматрање небеских тела. Због својих ставова да Земља није непокретна у центру свемира, морао је пред инквизицијом да се одрекне свог учења. По предању, после тога је промрмљао: „Eprur si muove“ – „Ипак се (о)креће“. Та реченица се користи и дан-данас.

6. Притисак

Настављамо да се бавимо величинама које познајемо из свакодневног живота и да им, као и у претходним лекцијама, придајемо прецизније значење. Прва асоцијација на реч „притисак“ је да се сетите како је болно кад вам неко стане на ногу и онда кажете да имате среће што се са притиском не срећете тако често. Испоставља се да сте се у закључивању преварили, јер на нас непрестано врши притисак управо оно за шта знамо да је најлаганије – ваздух који нас окружује, тачније цела атмосфера. Ово може да збуњује, али немојте се бринути, јер су били потребни векови да људи ову чињеницу схвате.

6. Притисак

6.1. О притиску уопште

Дрвени и гвоздени ваљак, једнаких висина и основа, имају различите масе, те упадају у песак до различите дубине. Исто тако, два дечака једнаких маса остављају на снегу трагове различитих дубина ако се један од њих креће у ципелама, а други на скијама. У овим и сличним примерима каже се да је притисак на подлогу различит.

О постојању притиска судимо по постојању трагова, о вредности притиска судимо по вредности дубине трагова – отисака тела у песку или снегу. Одатле закључујемо да деловање силе на тела не зависи само од јачине те силе, него и од површине тела на коју се то деловање распоређује.

Што се сила распореди на већу површину, то она мање притиска подлогу. Ако је површина мања, за исти учинак потребна је сила мање јачине.

Како се из ових примера види, при свим деловањима међу телима мора се водити рачуна о јачини силе, о правцу деловања силе и о величини површине на коју она делује.

Због тога је уведена физичка величина која се назива **притисак**.

Притисак је бројно једнак интензитету силе која делује нормално на јединицу површине коју притиска.

Повећавањем интензитета силе – расте притисак, док повећавањем додирне површине притисак опада.

Ако се јачина силе означи са F, а површина на коју делује та сила са S, формула за притисак се може написати у следећем облику:

$$p = \frac{F}{S}.$$

Ако сила јединичног интензитета (1N) делује на јединичну површину (1 m^2), онда следи да је јединица за притисак $1\frac{N}{m^2}$ (један њутн по квадратном метру).

Ова јединица се назива паскал и обележава са Pa.

На основу математичке формулације следи:

$$1\ Pa = \frac{1N}{1m^2}.$$

Да ли знате да...

Чиме је француски физичар, филозоф и математичар Блез Паскал (Blaise Pascal) заслужио да се јединица зове по њему, сазнаћете убрзо.

6. Притисак

6.2. Притисак чврстих тела

Из свакодневног живота нам је познато да ћемо парче меса лакше пресећи оштријим ножем. Лакше је шити ако је игла оштрија. Оштар ексер се лакше забија у дрво од тупог.

Да поновимо важну дефиницију која ово објашњава: величина притиска је сразмерна сили која делује, а обрнуто сразмерна површини тела на коју та сила делује. Дакле, уколико је површина тела на коју сила делује мања, утолико је притисак те силе већи.

Притисак се кроз чврста тела преноси директно у правцу и смеру силе која делује. Значи, притисак који на ексер изврши сила чекића се пренесе на врх ексера. Наравно, зато ником не пада на памет да у ексер удара, рецимо са стране, рачунајући да ће га тако закуцати.

Пример

Површина плоче стола је 1 m², а површина све четири ноге стола је 100 cm². Сто има укупну тежину од 100 N.

Колики притисак врши сто на под ако се постави:

а) на плочу

Подаци:

$F = 100\ \text{N}$

$S_1 = 1\ \text{m}^2$

$p_1 = ?$

Решење:

$$p_1 = \frac{F}{S_1} = \frac{100\ \text{N}}{1\ \text{m}^2}$$

$p_1 = 100\ \text{Pa}$

б) на ноге?

Подаци:

$F = 100\ \text{N}$

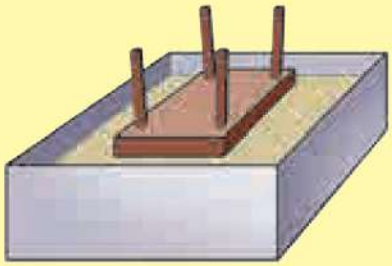
$S_2 = 100\ \text{cm}^2 = 0{,}01\text{m}^2$

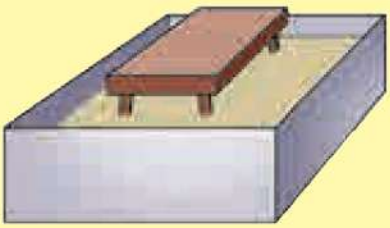
$p_2 = ?$

Решење:

$$p_2 = \frac{F}{S_2} = \frac{100\ \text{N}}{0{,}01\ \text{m}^2}$$

$p_2 = 10\ 000\ \text{Pa}$



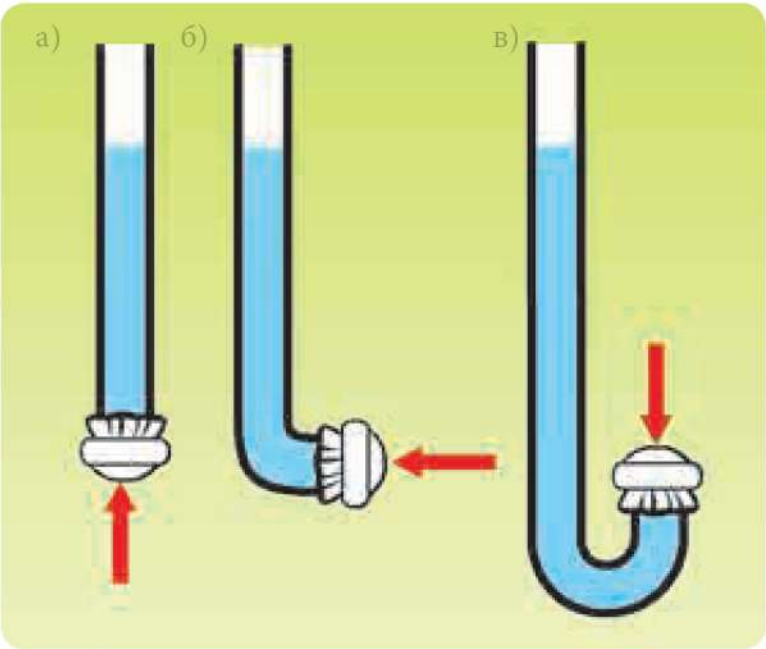


Притисак стола постављеног на ноге је 100 пута већи од притиска истог стола постављеног на плочу стола!

6. Притисак

6.3. Притисак у мирној течности – хидростатички притисак

Ако се на доњи отвор стаклене цеви разапне гумена опна и у цев улије течност, онда ће се опна испупчити (слика 6.1а). Исто ће се десити ако је доњи отвор са бочне стране или је окренут навише (слике 6.1б и 6.1в).



Слика 6.1. – *Хидростатички притисак*

Опна се деформише под дејством притиска који врши тежина течности у цеви и који се назива **хидростатички притисак**.

Видимо да хидростатички притисак делује на све стране подједнако: вертикално према дну суда, а и навише, исто као и на бокове суда. (Нема одређеног смера и зато притисак сматрамо скаларом.)

Из овога се може извести следећи закључак:

Хидростатички притисак у течностима на истој дубини једнак је у свим правцима. Дакле, он је исти без обзира на то да ли је реч о хидростатичком притиску на дно суда, навише, или на бок суда.

Хидростатички притисак настаје због тежине саме течности.

Он зависи од врсте (густине) течности и висине стуба течности. То је притисак који се осећа приликом рођења. Што је ронилац дубље заронио, јаче га је осетио.

6. Притисак

Да хидростатички притисак на стране суда расте са порастом висине стуба течности, лако ћете се уверити на часовима лабораторијских вежби.

Формула за израчунавање хидростатичког притиска је:

$$p = \rho\, g\, h\ ,$$

где су:

ρ – густина течности, h – дубина, а као што смо рекли, на нашим географским ширинама је константа $g = 9{,}81\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}$.

Хидростатички притисак има још једно својство које је на први поглед необично, а зове се **хидростатички парадокс**.

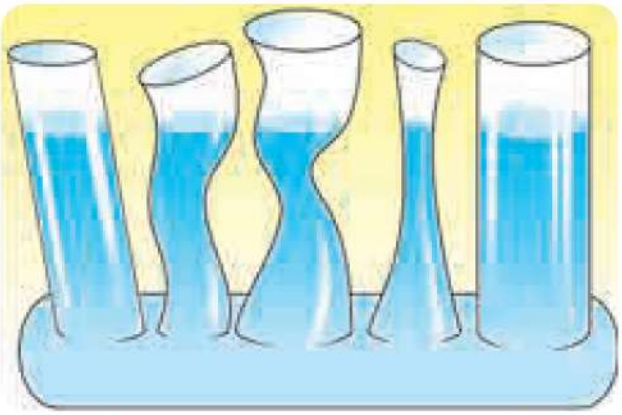
Хидростатички притисак не зависи од облика суда нити од масе течности у суду.

Хидростатичким парадоксом може се објаснити понашање спојених судова. Неколико стаклених судова (слика 6.2) различитих облика спојено је међусобно. Када се течност сипа у један од судова, она прелази у све судове док слободне површине у њима не дођу до исте хоризонталне равни. Када су слободне површине течности у свим судовима у истој хоризонталној равни, онда је хидростатички притисак једнак у свим судовима, без обзира на њихов облик и количине течности у њима.

Ова појава је позната под називом **закон спојених судова**.

У спојеним судовима нивои исте течности налазе се у истој хоризонталној равни.

Овај закон се веома често примењује у свакодневном животу. Једноставан уређај користи се за нивелисање терена. На овом принципу је заснован рад нивометара, водоскока, водовода и др.



Слика 6.2. – *Спојени судови*

6. Притисак

6.4. Атмосферски притисак

Притисак који се јавља у гасовима услед тежине њихових молекула, зове се аеростатички притисак. Све што је речено за хидростатички притисак, важи и за аеростатички.

Кад се гасови налазе у затвореним судовима, њихов аеростатички притисак је незнатан. Међутим, аеростатички притисак Земљиног ваздушног омотача је велик, јер је висина ваздушног омотача око Земље велика.

Земља је окружена ваздушним омотачем дебљине око 200 km, који се зове **атмосфера**. Аеростатички притисак који се овде јавља услед тежине ваздуха зове се **атмосферски притисак**.

Дејство атмосферског притиска може се показати следећим једноставним огледима (слика 6.3). Ако се чаша пуна воде поклопи хартијом, а затим притисне руком и пажљиво окрене отвором надоле, хартија неће отпасти, иако се више не придржава руком. Ово је због тога што на воду, преко хартије, делује навише атмосферски притисак, који је већи од хидростатичког притиска воде у чаши.

На молекуле ваздуха делује сила Земљине теже и због тога се они не удаљавају од Земље, иако се непрестано крећу и међусобно сударају. Услед деловања Земљине теже горњи слојеви ваздуха сабијају доње. Ваздушни слој који је у непосредном додиру са Земљом највише је сабијен, па је због тога и најгушћи. Мерења показују да се густина ваздуха брзо мења са висином и на већим висинама ваздух је све разређенији. У највишим слојевима (на хиљаде километара од Земље) атмосфера постепено прелази у безваздушни простор.

Слика 6.3. – *Дејство атмосферског притиска*

Да ли знате да...

Сигурно сте гледали и слушали метеоролошки извештај и уочили изразе „циклон“ и „антициклон“. Они се овде не односе на ветрове већ на области ниског и високог атмосферског притиска. Онда вам постаје јасније и у ком смеру ће ветрови дувати.

6. Притисак

Торичелијев оглед

Блез Паскал је извео низ огледа инспирисан огледом који ћемо сада описати.

Италијански физичар **Торичели** у Фиренци (1643. године) је извео кључни оглед којим је одредио величину атмосферског притиска.

Он је стаклену цев дужине око 1 m, чији је један крај затворен, напунио живом, затворио прстом и загњурио њен отворени крај у шири суд са живом (слика 6.4). Кад је склонио прст са отвора, из цеви је истекло мало живе, тако да је стуб заостале живе у цеви био висок 76 cm (у ствари, он је оволики када се оглед изводи на нивоу мора).

Не излије се сва жива из цеви јер је хидростатички притисак њеног стуба уравнотежен са атмосферским притиском који делује на спољну површину живе, тј. на отвор цеви преко живе у ширем суду. Према томе, ако се на овај начин одреди (израчуна) величина хидростатичког притиска живиног стуба у Торичелијевој цеви, истовремено ће се тиме одредити и величина атмосферског притиска:

$$p_a = \rho g h = 13\,600 \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} \cdot 9{,}81 \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}} \cdot 0{,}76\ \mathrm{m} = 101\,396\ \mathrm{Pa}.$$

Кад би се Торичелијев оглед извео на већој надморској висини, добило би се да је атмосферски притисак нижи. То је последица веће разређености ваздуха, а и због тога што је тада висина ваздушног стуба мања.

Мерења су показала да се атмосферски притисак не мења само услед промене висине већ и услед временских прилика.

За нормални атмосферски притисак узет је средњи годишњи притисак на нивоу мора.

За изражавање нормалног атмосферског притиска користи се и јединица бар (bar):

$$1\ \mathrm{bar} = 100\,000\ \mathrm{Pa}.$$

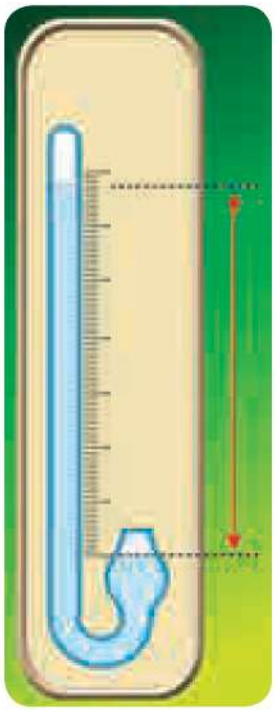
На основу тога, нормални атмосферски притисак код нас износи око 1,014 bar или 1 014 mbar (милибара).

Обратите пажњу на следеће: изнад живе остаје простор у којем има веома мало ваздуха, дакле безваздушни простор, или оно што зовемо вакуум. **При раду са живом обавезно се треба придржавати наставникових упутстава!**

Слика 6.4. – *Торичелијев оглед*

6. Притисак

Барометри и манометри



Слика 6.5. – *Баромешар*

Инструменти за мерење атмосферског притиска су барометри.

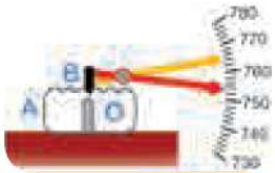
Постоје две врсте барометара. Једни су са живом, па се називају **живини барометри** и засновани су на Торичелијевом огледу. Други су **метални барометри** и они атмосферски притисак одређују помоћу угибања еластичних металних мембрана.

Обичан барометар са живом састоји се од једне савијене цеви која је учвршћена на дрвеној (чврстој) подлози (слика 6.5). За разлику од Торичелијевог огледа, у коме је цев била урођена у посуду са живом, на барометру је цев савијена и проширена у резервоар. Атмосферски притисак делује кроз отвор резервоара на слободну површину живе и уравнотежен је са хидростатичким притиском живиног стуба. Овај притисак се мери од нивоа слободне површине живе у резервоару до нивоа живе у дужем краку цеви. Промене атмосферског притиска прате се на скали која је учвршћена поред цеви.

Метални барометар, или **анероид**, чешће се употребљава, јер је лак и малих димензија. Главни део анероида је метална кутијица А са еластичним таласастим поклопцем В у виду мембране (слика 6.6).

У једном истом месту на Земљи долази до промене атмосферског притиска, па се и на основу тога може прогнозирати време у наредном периоду. Кад је ваздух влажан – притисак опада (водена пара је лакша од ваздуха) и то наговештава кишу или наоблачење (лети хладније, а зими топлије време). Ако је ваздух сув, притисак расте. То наговештава суво и ведро време (лети топло, а зими хладно).

Дакле, пратећи свакодневно промене атмосферског притиска у једном месту, може се поставити краткорочна прогноза времена.

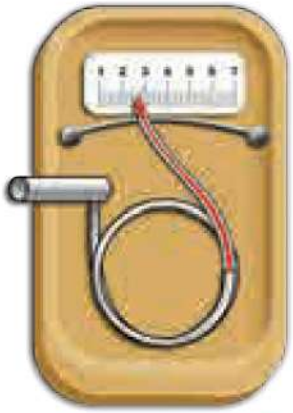


Слика 6.6. – *Анероид*

У пракси се за мерење притиска користе и **манометри**. **Манометар је инструмент за мерење притисака мањих или већих од атмосферског**. Манометром се мере, на пример, притисци у затвореним гасовима или притисци на различитим дубинама испод слободне површине течности.

Постоје манометри са течношћу и метални манометри.

На слици 6.7 представљен је метални манометар. Основни део манометра је шупља кружна цев, чији је један крај затворен. Други крај је повезан са гасом чији се притисак мери.



Слика 6.7. – *Маномешар*

6. Притисак

6.5. Преношење спољњег притиска кроз течности и гасове – Паскалов закон

На шупљу металну или стаклену лопту причвршћена је метална цев са клипом. Лопта има узане отворе са разних страна. Када се лопта и цев напуне водом, па се делује извесном силом на клип, вода истиче у једнаким млазевима кроз све отворе (слика 6.8). Клип притиска површину воде у цеви, а молекули воде, који се налазе непосредно иза клипа, преносе притисак на суседне молекуле. На тај начин притисак клипа преноси се на све молекуле воде. Овај оглед први је извео већ поменути француски физичар **Паскал**, па је по њему назван **Паскалов оглед**.

На основу овог огледа, Паскал је дошао до закључка који је познат као **Паскалов закон**:

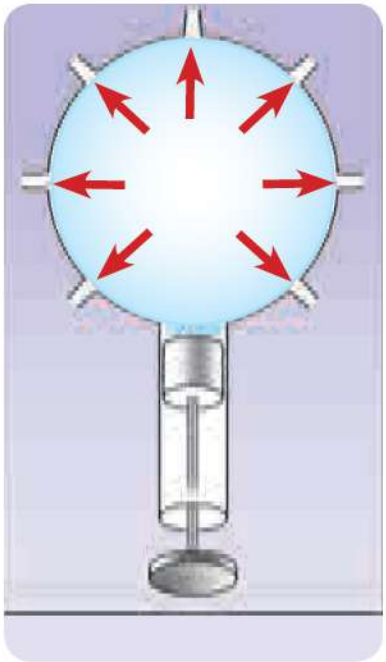
Спољашњи притисак који делује на затворене течности и гасове преноси се подједнако у свим правцима.

Другим речима, притисак који настаје услед дејства спољашње силе – једнак је на сваком делу унутрашње површине суда.

Исто тако, када се гумена лопта са више отвора притисне, ваздух излази кроз све отворе.

Притисак у течностима и гасовима израчунава се као и код чврстих тела помоћу обрасца:

$$p = \frac{F}{S}.$$

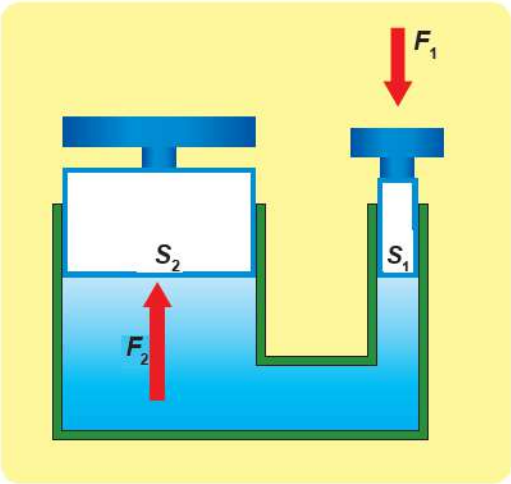


Слика 6.8. – *Паскалов суд*

Хидрауличне машине

Паскал је, надаље, проучавајући преношење притиска кроз течности и гасове, извео оглед помоћу суда са два клипа (слика 6.9). Један од њих је имао 100 пута већу додирну површину са течношћу, односно, толико пута већу површину попречног пресека од другог.

Када се на мањи клип делује извесном силом надоле, већи клип се помера нагоре. Да би се већи клип задржао, мора се на њега деловати силом 100 пута веће јачине, јер је толико пута већа његова површина.



Слика 6.9. – *Хидраулична машина*

Притисак испод већег и мањег клипа је:

$$p_1 = \frac{F_1}{S_1}, \qquad p_2 = \frac{F_2}{S_2}.$$

На основу Паскаловог закона, у стању равнотеже, биће: $p_1 = p_2$, тако да је:

$$\frac{F_2}{S_2} = \frac{F_1}{S_1} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}.$$

Интензитети сила на клиповима односе се као величине површина попречних пресека клипова.

Паскаловим законом се објашњава рад хидрауличних машина као што су, на пример, различите пресе, кочнице, дизалице и слично.

Пример

Колики је притисак у течности хидрауличне машине са слике 6.9, ако је јачина силе F_2 = 150 N, а површина попречног пресека мањег клипа S_2 = 10 cm²?

Колику јачину тада има сила која помера већи клип ако површина попречног пресека тог клипа износи S_1 = 60 cm² ?

Подаци:
$F_2 = 150$ N
$S_2 = 10$ cm² = 0,001 m²
$S_1 = 60$ cm² = 0,006 m²

$p_2 = ?$
$F_1 = ?$

Решење:

$$p_2 = \frac{F_2}{S_2} = \frac{150\ \text{N}}{0{,}001\ \text{m}^2} =$$
$$= 150\ 000\ \text{Pa} = 150\ \text{kPa}$$

Пошто је $p_1 = p_2$, односно:

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2},$$

то је $F_1 = p_1 S_1$, тј.

$F_1 = 150\ 000\ \text{Pa} \cdot 0{,}006\ \text{m}^2$
$F_1 = 900$ N

6. Притисак

Посебно упамтити

- **Притисак је бројно једнак јачини силе која делује нормално на јединицу површине коју притиска.**
- **Правац и смер преношења притиска кроз чврста тела исти је као правац и смер деловања силе. Хидростатички притисак у течностима на истој дубини једнак је у свим правцима.**
- **Притисак услед тежине течности је хидростатички притисак. Све што је речено за хидростатички притисак важи и за аеростатички притисак.**

Питања

1. *Зашто теренска возила имају точкове са широким гумама?*
2. *Да ли висина живиног стуба у Торичелијевом огледу зависи од попречног пресека цеви?*
3. *Да ли се може уравнотежити атмосферски притисак са притиском стуба бензина, висине* 10 m*?*
4. *Паскал је извео свој познати оглед са буретом тако што је напунио једно буре водом. Затим је са горње стране бурета уградио цев дуге* 10 m*, у коју се могло усути око* 1 ℓ *воде. Када је цев напунио водом, буре се распало! Зашто?*
5. *Два суда имају дна једнаких површина, али је у једном ниво течности виши. За колико ће се разликовати јачине силе притиска течности на та два дна суда, ако је реч о истим течностима?*

СРЕЋАН КРАЈ

Поштована децо!

Дошли смо до краја прве године учења физике. Све о чему је било речи у овој књизи, везано је за свет који нас окружује. Приметили сте да нам је, осим искуства, била потребна и прецизност, како бисмо разумели свет физике. После заслуженог одмора, позивамо вас на ново дружење!

Аутори

Наставиће се....

РАСПУСТ

8

Речник нових речи и израза

А

Апсолутна грешка – одступање појединих резултата мерења од средње (аритметичке) вредности већег броја поновљених мерења. **Релативна грешка** – однос апсолутне грешке и средње вредности мерења.

Атмосфера – ваздушни омотач око Земље дебљине око 200 km.

Атмосферски притисак – аеростатички притисак услед тежине ваздуха у атмосфери.

Анероид – врста металног барометра.

Б

Барометри – инструменти за мерење атмосферског притиска; **манометри** – инструменти за мерење притиска већег или мањег од атмосферског.

Брзина тела – бројно је једнака пређеном путу у јединици времена; брзину, осим бројне вредности, односно њеног интензитета, потпуније одређују правац и смер.

В

Вага (теразије) – инструмент за мерење масе тела.

Васиона (свемир, универзум) – простор у којем се налазе сва небеска тела заједно.

Вектор – математичка величина задата правцем, смером и интензитетом

Г

Гравитација – привлачно деловање Земље на тела је њено гравитационо деловање.

Густина – количник масе и запремине тела.

Д

Динамометар – инструмент за мерење интензитета силе; састоји се од еластичне опруге и скале; када се делује одређеном силом на динамометар, еластична опруга се издужи и на скали се очита вредност интензитета те силе.

Деформација тела – промена облика или димензија тела под дејством силе.

Е

Експеримент или **оглед** је проучавање појава у посебно припремљеним условима.

Еластично тело – тело које се по престанку дејства сила враћа у првобитни облик.

И

Инерција – појава да сва тела остају у стању мировања или једноликог праволинијског кретања ако на њих не делује сила.

Истраживања – у физици се спроводе ради стицања сазнања о појавама у природи.

К

Кретање – промена положаја тела у односу на друга тела.

М

Материја – све што постоји у природи, или то је грађа природе; има два облика: супстанцију и поље.

Материјална тачка – тело чије су димензије занемариво мале у односу на путању по којој се креће.

Међународни систем јединица – утврђено је да је за тумачење свих појава у природи довољно користити седам **основних** физичких величина: дужину, време, масу, температуру, јачину електричне струје, светлосну јачину и количину супстанције; све остале физичке величине дефинисане помоћу ових основних су **изведене** величине; основним величинама одговарају **основне јединице**: метар, килограм, секунда, келвин, ампер, кандела и мол.

Мензура – цилиндрични суд на чијем се зиду налази скала са подеоцима

Речник нових речи и израза

најчешће у cm^3, односно у ml, а директно мери запремину течних тела.

Мерење физичких величина – подразумева се њихово упоређивање; измерити неку физичку величину значи упоредити је са усвојеном јединицом мере те величине; мерењем се одређује колико је пута величина која се мери већа или мања од усвојене јединице мере.

Мерила или **мерни инструменти** – средства за мерење физичких величина.

П

Пластично тело – тело које се по престанку дејства сила не враћа у првобитни облик.

Пређени пут – дужина путање коју тело пређе за одређено време.

Природа – у природу спада све што нас окружује, а и ми сами.

Природне појаве – различита дешавања у природи.

Притисак – бројно је једнак јачини силе која делује нормално на јединицу површине коју притиска; **хидростатички притисак** настаје због тежине саме течности, а **атмосферски** од тежине ваздуха из атмосфере.

Путања тела или **трајекторија** – стварна или замишљена линија по којој се тело креће, тј. заузима положаје током времена.

Р

Релативност кретања – појава да за неко тело можемо сматрати да се креће или да мирује зависно од избора референтног тела.

Референтно тело – тело у односу на које се посматра кретање.

С

Сила – мера узајамног деловања (интеракције) тела; свака сила има интензитет, правац и смер деловања; **тежина тела** – сила којом тело (под дејством силе Земљине теже) делује на хоризонталну подлогу или затеже конац о који је обешено; **електрична сила** – мера је узајамног деловања наелектрисаних тела; електрично деловање може бити одбојно (између истих) или привлачно (између различитих наелектрисања); **магнетна сила** – мера за међуделовање магнета, а може бити привлачна и одбојна; истоимени полови два магнета се одбијају, док се разноимени привлаче.

Супстанција је грађа сваког тела, оно од чега су састављена сва тела.

Т

Тахограф – уређај који бележи промену брзине возила.

У

Узајамно или **међусобно деловање** (**интеракција**) двају тела – обострана је и истовремена појава, јер оба тела истовремено делују једно на друго.

Ф

Физика – природна наука која проучава основне особине материје, њену грађу, као и промене облика у којима се материја може јавити.

Физичке величине – величине које карактеришу физичко својство материје или физичку појаву.

Физичко поље – посредник међудејства између тела која нису у додиру.

Х

Хидростатички притисак – притисак услед тежине стуба течности.

Ч

Часовник – мерило времена; за прецизније мерење користи се **хронометар**.

Литература

1. G. Gamow, J. M. Cleveland: *Physics*, Foundation and Frontiers Prentice – Hall, New Jersey (USA) 1969.
2. Г. Димић, Д. Илић, Ј. Томић: *Физика за VII и VIII разред основне школе*, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 1970.
3. О. Аџић и др.: *Енциклопедијски лексикон – Мозаик знања – Физика*, Интерпрес, Београд 1972.
4. E. Zalamea, R. Paris, J. A. Rodriguez: *Fisica, 1–3 EMV* – Educar, Bogota (Colombia) 1985.
5. R. Resnick, D. Holliday, K. S. Krane: *Physics I & II*, J. Wiley & Sons, New York (USA) 1992.
6. И. Јанић, Д. Мирјанић, Ј. Шетрајчић: *Општа физика и биофизика*, Матићграф, Бања Лука 1993.
7. М. Распоповић и др.: *Физика за VI, VII и VIII разред основне школе*, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд 1996.
8. М. Бабић и др.: *Физика за VII и VIII разред основне школе*, Профил, Загреб 1999.
9. Д. Капор и Ј. Шетрајчић: *Физика за VI разред основне школе*, Завод за уџбенике, Београд 2002.
10. Д. Капор и Ј. Шетрајчић: ФИЗИКА за VI разред основне школе (4. издање), Завод за уџбенике, Београд 2008.

У складу са савременим трендовима, додајемо и неколико сајтова.

Друштво физичара Србије има сајт **www.dfs.rs**. За вас је битно да се на њему може пронаћи електронско издање научнопопуларног часописа „Млади физичар“, намењеног ученицима основних и средњих школа са чланцима о физици прилагођеним вашем узрасту и познавању физике. Уколико сте заинтересовани да се такмичите у решавању задатака из физике, на овом сајту постоје и информације о такмичењима.

Народна библиотека Србије има сајт www.nb.rs и на њему се, као што смо раније напоменули, може пронаћи, у електронском облику, дело „ФИСИКА“ Атанасија Стојковића. **http://www.digitalna.nb.rs/wb/NBS/Stara_i_retka_knjiga/Zbirka_knjiga_Atanasija_Stojkovica/S-II-1238a#page/0/mode/1up**. За сналажење на сајту је најбоље да потражите помоћ школског библиотекара.

Др Дарко В. Капор
Др Јован П. Шетрајчић

Физика за 6. разред основне школе
Прво издање, 2019. година

Издавач
Завод за уџбенике, Београд
Обилићев венац 5
www.zavod.co.rs

Лектор
Драгица Тубић Островска

Ликовни уредник
Биљана Савић

Графички уредник
Мирослав Радић

Коректор
Слободанка Дачић

Илустрације
Бранислав Керац
Душан Вукојев
Зоран Пешкан
Игор Кекељевић

Дизајн и корице
Биљана Савић

Обим: 11 штампарских табака
Формат: 20,5 × 26,5 cm
Тираж: 5.000 примерака

Рукопис предат у штампу јула 2018. године
Штампање завршено јула 2019. године

Штампа
АМД СИСТЕМ, Београд

CIP - Каталогизација у публикацији
Библиотеке Матице српске, Нови Сад

37.016:53(075.2)

ШЕТРАЈЧИЋ, Јован, 1951-
Физика : за 6. разред основне школе / Јован П. Шетрајчић, Дарко В. Капор ; [илустрације Бранислав Керац, Душан Вукојев, Зоран Пешкан, Игор Кекељевић]. - 1. изд. - Београд : Завод за уџбенике, 2019 (Београд : АМД систем). - 86 стр. : илустр. у бојама ; 27 cm

Тираж 5.000.

ISBN 978-86-17-20134-8

1. Капор, Дарко, 1949- [аутор]

COBISS.SR-ID 330030855