



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
Природно-математички факултет
Департман за физику
ТЕЛ/ФАКС: +381(0)21 455 318
21000 Нови Сад, Трг Д. Обрадовића 4



ПРИМЕНА ЕЛЕКТРОНСКОГ НАСТАВНОГ МАТЕРИЈАЛА У ОБРАДИ ТЕМЕ „СИЛА“ У ГИМНАЗИЈИ

МАСТЕР РАД

Ментор:
Др Соња Скубан

Студент:
Немања Тодоровић

Нови Сад, 2013

Овај мастер рад је рађен на Катедри за општу физику и методику наставе физике, Департмана за физику, Природно-математичког факултета у Новом Саду.

Велику захвалност дугујем ментрору, др Соњи Скубан на помоћи током израде и писања рада, стрпљењу, као и на разумевању и драгоценим саветима.

Посебну захвалност дугујем мојим родитељима и сестри, на толеранцији, стрпљивости и несебичној моралној и материјалној подршци током свих година школовања.

Такође , захваљујем се и пријатељима који су били уз мене и на било који начин допринели изради овог рада.

Немања Тодоровић

САДРЖАЈ

УВОД	1
1. Теоријски део	2
1.1. Електронско учење	3
1.2. Предност е-учења у односу на класично	4
1.3. Недостатци е-учења у односу на класично	5
1.4. Комуникација у образовању на даљину	6
1.5. Електронски наставни материјал	7
1.6. Израда електронског наставног материјала	8
2. Циљ рада	9
3. Концептне мапе	10
3.1. Мета податци	11
4. Сила	13
4.1. Узајамно деловање	13
4.1.1. Динамичке величине	13
4.1.2. Неки типови сила у механици	14
4.1.3. Маса	18
4.1.4. Импулс	19
4.1.5. Њутнови закони механике	21
4.1.5.1. Први Њутнов закон	21
4.1.5.2. Други Њутнов закон	23
4.1.5.3. Трећи Њутнов закон	26
4.1.5.4. Услови у којима важе Њутнови закони	28

4.1.6. Трење	28
4.1.6.1. Трење мировања	29
4.1.6.2. Трење клизања	31
4.1.6.3. Трење котрљања	34
4.1.7. Центрипентална сила	35
4.2. Инерцијални и неинерцијални референтни систем	38
4.2.1. Галилејев принцип релативности	40
4.2.2. Неинерцијални референтни систем	42
4.2.3. Инерцијалне силе	44
4.2.4. Центрифугална сила	45
5. Примери електронских наставних објеката	48
5.1. Примери електронских наставних објеката у форми видео записа	48
5.2. Примери електронских наставних објеката у форми упутстава за извођење једноставних експеримената	56
ЗАКЉУЧАК	65
ЛИТЕРАТУРА	66
БИОГРАФИЈА	67
ДОКУМЕНТАЦИЈА	68

УВОД

Научно-технолошка револуција, која се збива уназад сто година, у значајној мери је утицала на промену у начину живота. Важност науке значајно је порасла, што говори и чињеница да 90% научника који су икада живели, живи и ради у овом тренутку. Научно-технолошка револуција се односи на брзе и значајне промене настале широким употребом компјутера у модерном друштву. Зато је јако битан развој компјутерске технологије и примена рачунара у разним сферама рада.

Огромно повећање броја научних информација у савременим условима додатно оптерећује наставне програме физике. Чињеница је да се сваки дан објави велики број научних радова и природно је да се у складу са тим и количина информација и знања коју ученик треба да усвоји знатно повећава.

Класичан приступ подучавању какав је данас присутан у образовању у нашој земљи, замењује се модернијим типом образовања који подстиче креативност и даје већу количину информација и знања које ученик треба да усвоји.

Усвајање информационих технологија условили су потребу за прилагођавањем образовног система иновацијама, а самим тим и наставника који преузимају нове и одговорне улоге и задатке. Јако је битно да се наставници свакодневно професионално уздижу, да прате, усвајају и примењују савремена достигнућа у науци у циљу квалитетнијег преношења знања на ученике.

Информатизација представља нову друштвену епоху која мења досадашњи облик образовања и доводи до активног укључивања ученика у процес учења.

Један од најсавременијих облика наставног процеса је електронско образовање које добија све ширу примену.

Овај рад је покушај да се направи електронски наставни материјал на нашем језику. Састоји се од видео записа на тему: „Сила”.

1. Теоријски део

Развој савременог друштва стално намеће потребу за променом модела образовања. Веома брз развој науке, унапређење и ширење нове технологије, имају велики утицај готово у свим сферама људске делатности. Технички проналасци и технолошка знања у последњих педесетак година из основа мењају не само човеково окружење већ и начине његовог сазнавања.

Достигнућа информационо-комуникационих технологија (ИКТ) пружају данас могућност за брз развој сваког друштва и појединца. Примена ИКТ-а дала је образовању нову димензију.

Предности нове технологије су у томе што ће убрзо омогућити презентацију наставног часа који се дешава на другом месту, граду или држави. Нови програми ће олакшати рад администрацији, професорима у вођењу педагошке евиденције, отварају се могућности за штампање сведочанстава, матичне књиге, а постојаће и база података о ученицима, не само на нивоу школе већ и ресорног министарства.

У средњим школама се може планирати да се нова технологија искористи за свакодневно уписивање изостајања ученика са наставе. То значи да се у тренутку уношења податка да је ђак изостао са часа, родитељу шаље смс порука. Искуства су показала да је, захваљујући овом пројекту, у Енглеској дупло умањен број изостанака са наставе, а у Француској смањен чак за 70-80 %. Поред овога, родитељ ће преко интернета у сваком тренутку моћи да сазна оцене детета.

Примена ИКТ-а је отворила нове могућности-образовање на даљину које не подразумева присутност лица које стиче знање, већ се оно одвија путем Интернета и коришћењем рачунара. Такво образовање се назива електронским образовањем и одлика је савременог школовања. На овај начин се развија нов облик учења који са папирне форме прелази у електронску.

Компјутери се у настави физике могу користити за:

- симулацију,
- израчунавање резултата експеримената и друга нумеричка израчунавања,
- меморисање и накнадну презентацију података,
- обучавање,
- анимацију и
- сакупљање података са инструмената и уређаја.

1.1 Електронско учење

Електронско учење (е-учење или „e-learning“) је врло широк појам који обухвата све методе и технике за учење уз помоћ рачунара и интернета. Постоји више дефиниција е-учења, а једна од њих је: електронско учење подразумева сваки облик едукације у коме се образовни садржај испоручује у електронској форми.

Данашњи облици е-учења обухватају различите аспекте кориштења ИКТ-а у образовању, па зависно о интензитету и начину кориштења ИКТ-а разликујемо неколико облика е-учења:

1. класична настава - настава у учионици (електронско учење се уопште не користи);
2. настава уз помоћ ИКТ-а (ICT supported teaching and learning) - технологија у служби побољшања класичне наставе (PowerPoint презентације, аудио и видео записи и сл.);
3. хибридна или мешовита настава (hybrid, mixed mode ili blended learning) - комбинација наставе у учионици и наставе уз помоћ технологија;
4. онлине настава (fully online) - настава уз помоћ ИКТ-а која је у потпуности организована на даљину.

Електронско образовање, као један од видова едукационог процеса, остварује материјалне, функционалне и васпитне циљеве образовања, као што су:

- Приступ, селекција и интерпретација информација;
- Препознавање модела, односа и понашања;
- Моделовање, предвиђање и постављање хипотеза;
- Тестирање поузданости и тачности;
- Преглед и модификација начина рада у циљу побољшања квалитета;
- Комуникација са другима;
- Повећање ефикасности рада;
- Самооцењивање, стицање самопоуздања и независности;
- Креативност, преузимање ризика и одговорности;

1.2. Предности Е-учења у односу на класично учење

Самосталност у одлуци: е-учење омогућава избор места, времена и трајања појединих сеанси учења. У потпуности модернизована е-учионица отворена је 24 сата дневно, 7 дана у недељи, што омогућава најефикасније могуће искоришћење времена. Сами одређујете динамику учења, можете убрзати или успорити према предходном знању и властитим способностима. Тестови су такође приступачни и тако сами бирате време тестирања и проверавање резултата.

Место становања: е-учење омогућава корисницима квалитетно учествовање у настави и када то питање удаљености, распореда и сличних околности практично чине немогућим. Довољно је само да имате рачунар и прикључак на Интернет. На тај начин се омогућује приступ удаљеним корисницима, који нису у могућности да путују, или студенту да учествује у курсу иако је са другог континента. Тако се остварују велике уштеде у времену, које би се провело у путу, и у новцу који је потребан за тај пут.

Приступачност: могућност укључивања особа са инвалидитетом и посебним потребама у систем образовања. Е-учење омогућава деци и студентима да прате наставу без обзира на ограничења, која су физичка или ситуациона.

Боље прилагођен образовни материјал: образовни материјал је намењен широкој популацији, прилагођен великом броју различитих стилова учења па се комбинују различите методе преношења знања (текстови, анимације, симулације, звучни записи или интерактивни програм).

Боље памћење наученог: ако се узме у обзир да корисник сам бира материјал уз помоћ којег ће учити као и време када ће се тај процес одвијати, закључује се да ће и резултат процеса бити бољи у односу на примену класичног (традиционалног) начина учења. Због комбинације метода преношења знања и непрестане активности корисника током учења, стечено знање је дуготрајније.

Практични рад са различитим технологијама: стичу се информације не само о ономе што се учи, него и додатна знања и вештине о коришћењу различитих технологија, омогућава се кориснику да постигне и задржи ниво “писмености за 21. век”.

Олакшава рад са наставницима: наставници своје лекције или задатке могу приредити унутар програма и документ послати ученику путем Интернета.

Укупни трошкови: због великог броја корисника, цена је знатно нижа у односу на цену традиционалног облика учења (нема трошкова превоза, смештаја итд.)

1.3. Недостаци Е-учења у односу на класично учење

Поседовање одређених способности: е-учење захтева од корисника одређена знања и вештине како би се могли њиме користити. Без одређене рачунарске писмености, градиво интегрисано у склопу електронског система учења постаје потпуно бескорисно. За спровођење е-учења такође је битно поседовање одговарајуће опреме.

Одсуство физичког боравка у учионици: иако овај метод учења има низ предности у односу на класично учење, његов велики недостатак је тај што се не може применити на неке области, као што су медицина, уметност, хемија, спорт и друге области, због тога што је немогуће стећи потребна знања без физичког присуства у учионици. Рецимо, немогуће је савладати неки оперативни захват без практичних вежби, свирати у оркестру или певати у хору на даљину.

Недостатак васпитне улоге наставника: човек је друштвено биће и недостатак социјалног контакта уживо, са предавачем и осталим учесницима у супротности је са основним људским потребама и навикама. У традиционалној настави предавач може тренутно да одговори на постављена питања, уочи проблем или неправилност и одмах одреагује како би се она исправила. Комбинација класичне наставе и е-учења се назива мешовито учење и представља скоро идеалан модел учења.

Заштита ауторских права: један већ разрађен систем е-учења наилази на проблеме са ауторским правима за садржаје одређеног курса, као и на појаву сличних нелојалних или чак квалитетнијих курсева других аутора. Да би се ауторска права заштитила у овој сфери образовања, потребна је техничка подршка која захтева велика новчана улагања и сталан развој у складу са развојем технологије којом се користи.

Традиционална настава се не сме потпуно избегавати, настава која захтева контакт наставника и ученика, живу реч као и писана дела је извор сазнања, само је потребно увести иновације ради постизања квалитета образовања.

1.4. Комуникација у образовању на даљину

Учење на даљину представља интегрисану комбинацију технологија које се користе за подршку подучавања од стране наставника и учења од стране ученика при чему су они раздвојени у простору и времену. Просторна и временска раздвојеност се превазилази захваљујући технологији која омогућава ученику да са било које локације и у било које време приступа жељеном наставном садржају.

Комуникација може да се изведе на неколико начина, а најчешће се у ту сврху користи:

Е-МАИЛ као најједноставнији облик асинхроне интеракције, што значи да нема истовремене интеракције ученика и наставника, ученици су слободни да бирају време за учешће у настави. Овај начин комуникације има доста предности, обезбеђује приватност, омогућава довољно времена за размишљање и давање одговора, а такође је и веома брз начин комуникације уколико је то потребно.

ОН-ЛИНЕ ФОРУМИ омогућавају јавне полемике, подразумевају могућност постављања питања и добијања или давања одговора, а допуштају и размену мишљења. Индивидуа може формирати своју групу у којој ће поставити тему и у којој ће се вршити дискусије на задату тему.

ИРЦ (Internet relay chat) представља синхрону комуникацију која захтева истовремено учешће наставника и ученика у наставном процесу. Базирана је на текстуалним порукама преко Интернета.

ВИДЕО КОНФЕРЕНЦИЈА се у е-учењу користи као облик синхроне комуникације и подразумева снимање излагања предавача и истовремено преношење и приказивање ученицима на неком удаљеном месту.

1.5. Електронски наставни материјал

У нашем образовању, наставникова реч и штампани уџбеници су примарни, а често и једини извор информација у наставном процесу. Рачунари се данас употребљавају у свим сферама живота због тога што олакшавају свакодневне радње, представљају брз извор информација и пружају сазнања која су потребна у свакодневници, као што су, провера реда вожње аутобуса, налажење локације лекарске ординације итд., а такође служе и за опуштање и релаксацију.

Модерна организација наставе у основним и средњим школама је незамислива без иновација. Под иновацијама подразумевамо промене и новине на свим облицима наставног рада.

Морамо допустити да рачунари зађу у област наставе због низа предности:

- олакшавају учење и омогућавају брже савладавање наставног градива;
- пружају могућност да се економише временом;
- омогућавају да се научено дуже памти;
- омогућавају модернизацију наставе;

1.6. Израда електронског наставног материјала

За израду и развој електронског наставног материјала од велике је важности да се узму у обзир све специфичности које прате феномен електронског учења. Комплексност материјала који се користи у ту сврху и трошкови израде истог указују на неопходност систематског приступа читавом процесу.

Најпознатији модел дизајнирања наставног материјала је модел АДДИЕ који обухвата следеће активности:

- Анализу (Analysis)
- Дизајн (Design)
- Развој (Development)
- Имплементацију (Implementation)
- Евалуацију наставног материјала (Evaluation)

Анализа подразумева анализирање циљне групе, тј. свих оних који се могу наћи у улози ученика (корисника датог електронског наставног материјала), при чему се анализира знање које поседују, анализирају се способности, мотивација, познавање коришћења технологије.

Дизајн се односи на одређивање жељених резултата у смислу знања, вештина и способности које ученици требају да стекну коришћењем одређеног материјала. Затим, потребно је одредити распоред наставних садржаја као и начин оцењивања савладаног градива и на тај начин оценити успешност оваквог наставног процеса.

Развој обухвата припрему и креирање образовних садржаја према утврђеним облицима из претходних фаза. То подразумева саму израду текстова са или без илустрација (ПДФ документи, PowerPoint и Word датотеке), анимација и симулација (различитих природних појава, експеримената, технолошких процеса), аудиовизуелних садржаја (који садрже видеозаписе, курсеве, презентације), тестова и свих других планираних елемената.

Имплементација је фаза израде у којој је потребно ученике припремити за процес учења, испоручити наставни материјал, давати ученицима подршку и савете како да на најбољи могући начин искористе дати материјал.

Евалуација представља етапу у којој се процењује ниво ефикасности и основу за унапређење наставе. Може да се врши од стране наставника и од стране ученика.

2. Циљ рада

Циљ овог рада је дизајн и израда електронског наставног материјала за наставну тему „Сила”.

У ту сврху треба извршити:

1. Избор погодних огледа (експеримената) којима се илуструју наставни садржаји везани за наставну тему „Сила”.
2. Креирање пратећих текстова на српском језику (методичких упутстава за извођење експеримента) и текстова за наставну тему „Сила”.
3. Креирање одговарајућих тестова на српском језику за наставну тему „Сила”.
4. Снимање експеримената видео камером и израда слика за илустровање наставних садржаја за наставну тему „Сила”.
5. Израда базе података свих видео материјала и пратећих текстова, описаних одговарајућим мета подацима.

3. Концептне мапе у приказивању знања из физике

Један од основних задатака наставе физике је да ученици стекну знања из те области. Да би структура знања била што јасније дефинисана потребно је добро владати појмовима и организовати их на прави начин. Када је у питању настава физике, неопходно је физичке појмове уредити у појмовне системе, односно структуре знања.

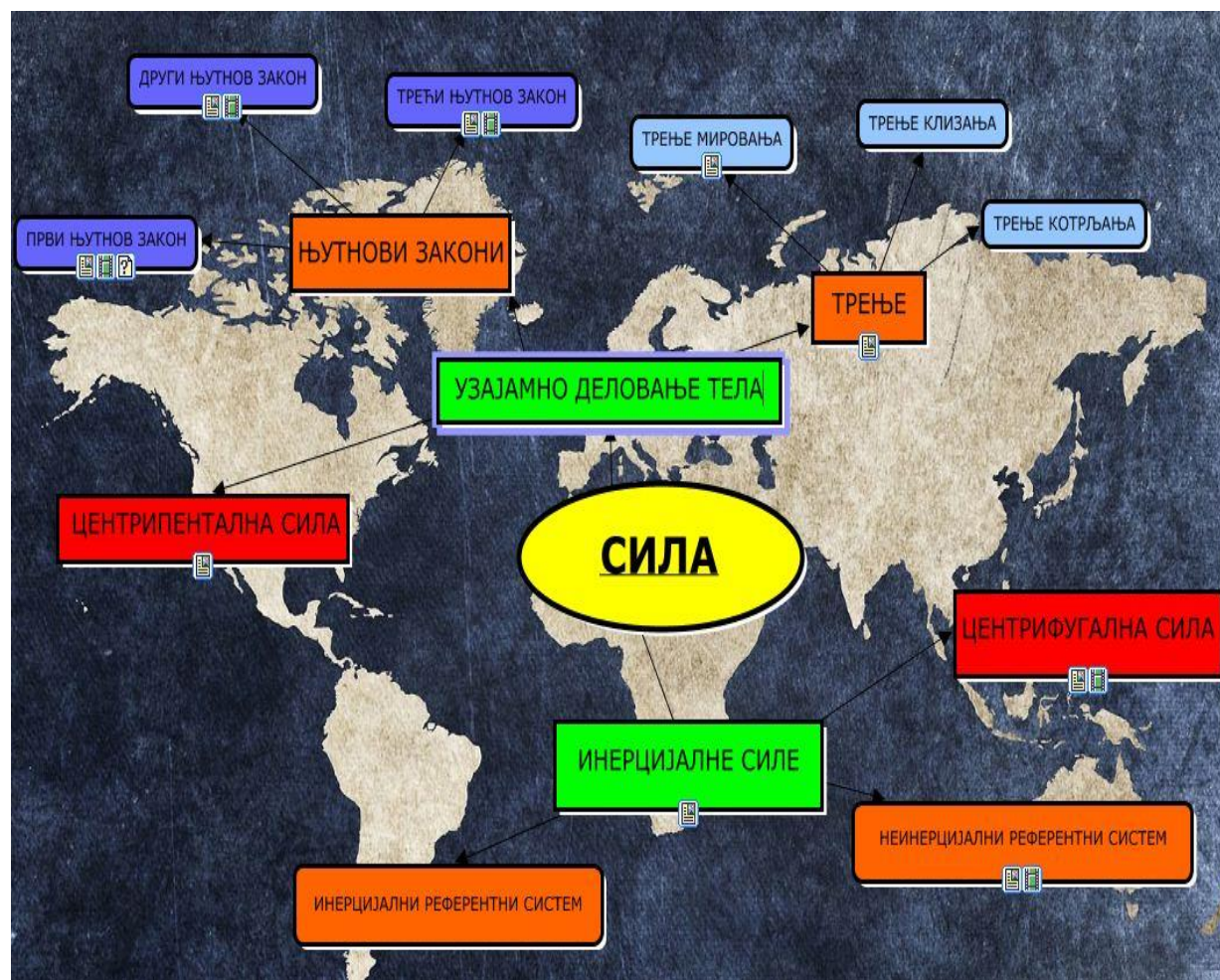
Концептна мапа (Concept map) је дводимензионални дијаграм који осликава структуру одређеног научно-наставног садржаја или структуру знања појединца. Састоји се из прецизно именованих појмова који су смештени у геометријске форме и повезани линијама које указују на везу између појмова. Она се користи ради ефикаснијег и прецизнијег припремања наставног градива, планирања наставног процеса и провере ефекта учења. Осим тога, концептне мапе се могу користити у сврху провере знања ученика.

Концептне мапе могу имати различите структурне карактеристике у зависности од садржаја који се њима обрађују. У настави се највише користе мапе знања хијерархијске структуре, у којима се општи појмови постављају на врх, а појединачни појмови се постављају ниже. Узајамним повезивањем појмова добијамо карактеристичну природну повезаност појмова.

Многи истраживачи напомињу да наставници могу боље временски организовати наставу и успешније пренети знања коришћењем мапе знања.

Конструисањем ових мапа ученици могу планирати ток учења и контролисати савладаност наставног садржаја. На овај начин се заправо стиче техника учења. Добро конструисане мапе знања, односно добро структурирани наставни садржаји јесу општи предуслов за формирање квалитетног и трајног знања ученика.

У раду ће бити приказана општа концептна мапа са областима из којих се састоји наставна тема „Сила”, као и појединачне концептне мапе за сваку област.



Концептна мапа наставне теме „Сила”

3.1. Мета подаци

Мета подаци се широко примењују, но најчешће се користе да би се убрзало и побољшало претраживање велике количине података, како би се открило што више релевантних информација. Мета подаци су подаци који описују карактеристике неког извора у дигиталном облику. За њих можемо рећи да дају информације о групи података који чине неки образовни објекат (документ, слику).

Три главне категорије мета података су:

Описни

Описује ресурс за потребе проналажења и идентификације. Садржи елементе као што су наслов, аутор, сажетак, кључне речи...

Структурални

Означава како су сложени објекти (ресурси) састављени (нпр. како су одређене странице поређане да чине поглавље).

Административни

Даје информације о употреби и управљању ресурса.

Мета подаци се најчешће кодирају у програмском језику XML (eXtensible Markup Language) и описују образовни објекат или други дигитални извор коришћен у образовном процесу. Улога мета података је да садрже поновну употребљивост и размену информација и знања. За сваку компоненту која се развија за одређени наставни материјал треба дефинисати скуп мета података како би касније исти ресурс био доступан, креирати одговарајуће обрасце за дизајн компоненти у које ће се унети унапред скуп мета података, те тако формиране и попуњене обрасце чувати на одговарајућем месту у структури мапе и размењивати са осталим члановима тима-програмерима који ће креирати ове документе.

Спецификација дефинише који су елементи обавезни према врсти компоненте:

- Тип објекта
- Аутор/Власник/Издавач
- Опис
- Језик
- Датум
- Услови дистрибуције

- Формат
- Педагошки атрибути (стил интеракције, едукативни стил)

4. Сила

4.1. Узајамно деловање тела

4.1.1. Динамичке величине

Свакодневно искуство показује да између разних тела постоји узајамно деловање или интеракција: слика на зиду врши притисак на ексер за који је окачена, али и ексер делује на слику и не дозвољава јој да падне; радник делује на бушилицу којом пробија бетон, али и бушилица пружа отпор том деловању што радник итекако осећа на својим длановима и мишићима; тениски рекет делује на лоптицу те она полеће великом брзином, али и лоптица делује при судару на рекет затежући његове жице.... безброј је примара узајамног деловања између два тела. Да би интеракција постојала, тела морају бити у контакту: небеска тела се привлаче иако су удаљености између њих врло велике; наелектрисано тело делује на куглицу од стиропора и онда када је не додирује, као што се магнет и гвоздени предмет привлаче и пре него што се дотакну...

Интеракција тела може бити јача или слабија: оловна куглица јаче затеже конач за који је обешена него дрвена куглица истог полупречника: исти магнет различито привлачи гвоздене предмете различитих величина; бржи вагон јаче удара у одбојне опруге него спорији.... За квантитативно описивање узајамног деловања тела користи се физичка величина која се зове **с и л а**.

Сила је квантитативна мера интеракције тела.

Ако на неко тело делује сила, то тело се деформише. Некада су те деформације видљиве голим оком (деформисање гуменог балона под притиском руке, развлачење опруге када се тег обеси на њу, угибање трамболине када гимнастичар наскочи на њу и тако даље), а понекад се могу регистровати само врло осетљивим инструментима или чак

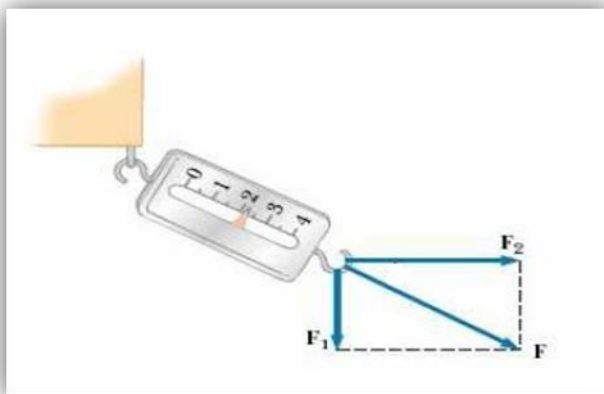
ни њима (деформација зида при удару лопте у њега је , практично, немерљива). Инструмент за мерење силе динамометар, ради на принципу деформисања (истезања) опруге при дејству силе: промена дужине опруге сразмерна је сили која делује на опругу, па се на основу промене дужине опруге може одредити колика је сила.

Осим што изазива деформисање тела, сила доводи до промене брзине тела (било по интензитету, правцу или смеру), о чему ће бити речи у даљем тексту.

Јединица за силу зове се њутн (1N).

Сила је векторска величина - одређена интензитетом, правцем и смером. Рецимо, Земља делује на свако тело у својој близини силом у вертикалном правцу са смером наниже; позитивно и негативно наелектрисана куглица интереагује силом у правцу који пролази кроз центре куглица, а смер силе је од једне куглице ка другој; хоризонтални ветар делује на једно броду силом чији је правац хоризонталан, а смер се поклапа са смером ветра..

Резултаната датих сила је једна сила под чијим би се дејством тело кретало исто као што се креће када на њега делују све те дате силе (слика 1).



Слика 1. Резултанта двеју сила, сила F

4.1.2. Неки типови сила у механици

У току школовања упознали смо неке облике силе: гравитациону, силу потиска, електричну, магнетну... Овом приликом поменућемо неке од сила:

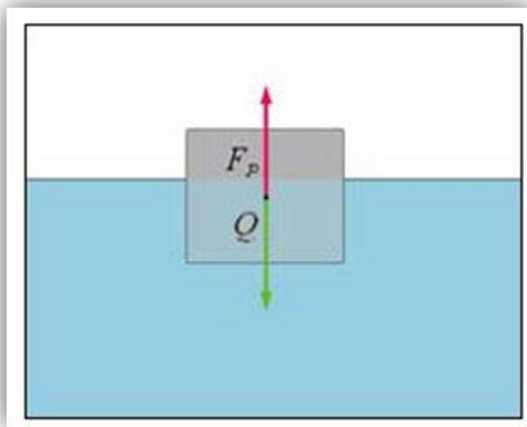
- **Земљина тежа** је сила којом Земља привлачи свако тело. Најбитније особине су : усмерена је вертикално наниже; ако је тело близу Земљине површине (или на њој) интензитет силе теже једнак је производу масе тела и убрзања $g=9,8 \text{ m/s}^2$:

$$F_g=mg$$

- **Сила потиска**, на свако потопљено тело течност делује силом потиска усмереном вертикално навише (слика 2). Интензитет силе потиска је :

$$F_{pot}=\rho Vg,$$

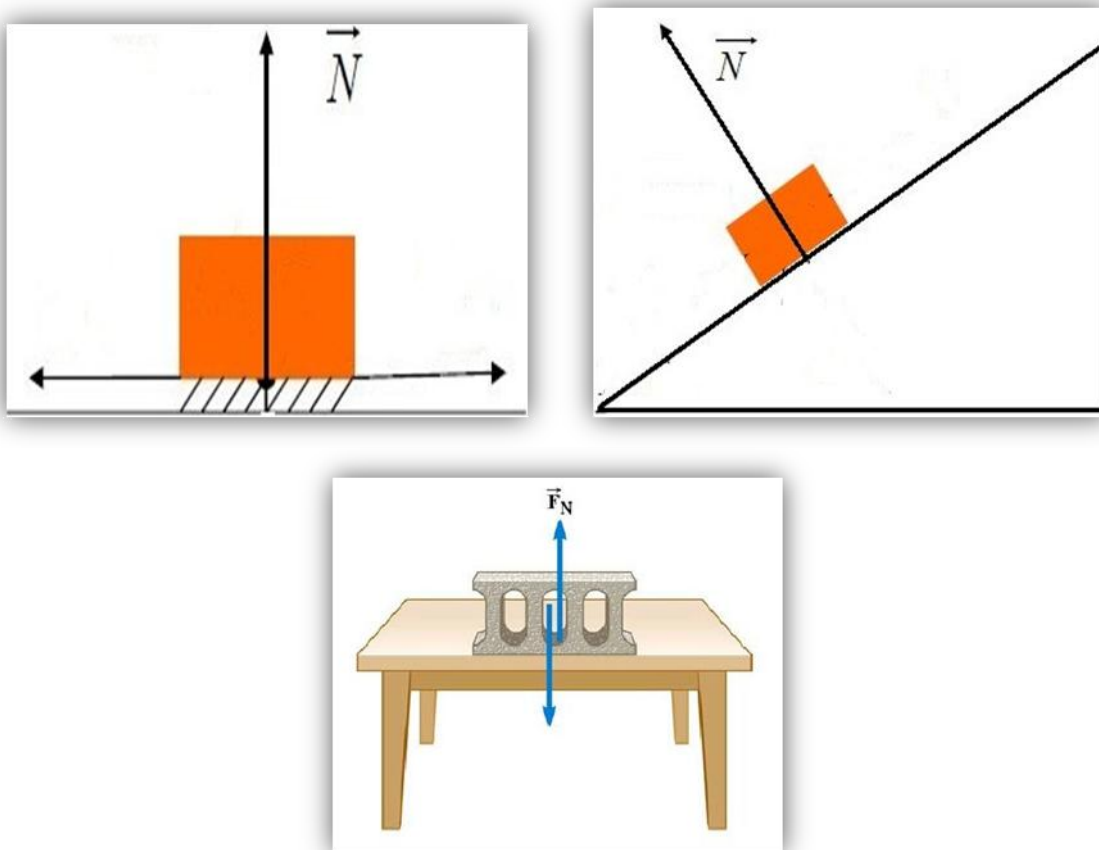
Где је ρ густина течности, а V запремина потопљеног дела тела. Силом потиска на тела делују и гасови, али се ту сила потиска често занемарује - наиме, због мале гутине гасова, сила потиска је најчешће много мања од силе теже; сила потиска којом гас делује на тело не сме се занемарити ако тело има велику запремину (управо сила потиска и одржава, рецима, балоне у ваздуху).



Слика 2. Деловање силе потиска F_p

- **Сила нормалне реакције подлоге** (или сила отпора подлоге). Ако тело врши притисак на подлогу или неки ослонац (зато што на њега делује Земљина тежа или нека друга сила), онда и подлога делује на тело тзв. силом нормалне реакције (N). Та сила делује дуж нормале на додирну површину тела и подлоге и усмерена је од подлоге према телу: ако тело лежи на хоризонталној подлози и врши притисак на њу, сила нормалне реакције подлоге делује вертикално навише (слика 3); ако је

тело на стрмој равни и притиска ту равн, сила нормалне реакције подлоге је у правцу нормале на стрму равн; ако је тело на сферној подлози, сила реакције подлоге је у правцу полупречника...

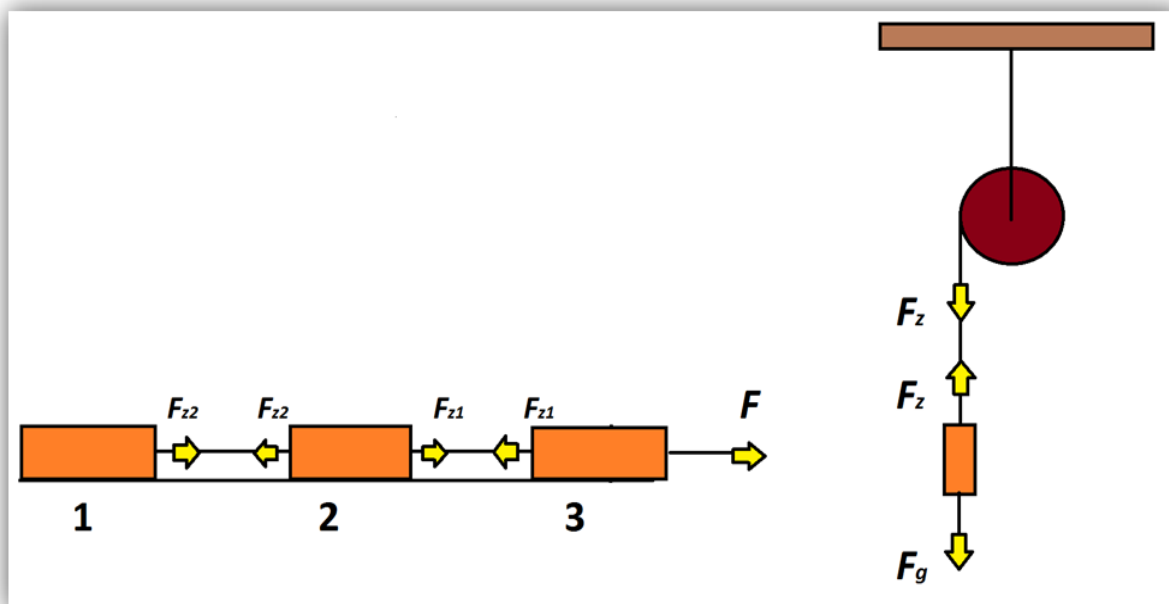


Слика 3. Сила нормалне реакције подлоге

- **Сила затезања.** Свака затегнута нит (конац, уже) делује на тело за које је везана или преко којег је пребачена. Сила затезања има правац нити (или тангенте на нит ако је нит крива), а усмерена је тамо да вуче тело на које делује. Ако је маса нити занемарљива, сила затезања има исти интензитет на сваком попречном пресеку нити.

На пример , када су три тела везана помоћу две нити као на слици 4, ако се тело 1 вуче неком силом F затегнуће обе нити и јавиће се одговарајуће силе затезања: једна нит делује силама истог интензитета на тела 1 и 2 (на тела 1 улево, а на тело 2 удесно); друга нит делује својом силом затезања на тела 2 и 3 (на тело 2 улево, а на тело 3 истом толиком

силом удесно). Или, ако је за крај лаког ужета, намотаног на котур, везан тег, под дејством силе теже на тег посредно ће доћи до затезања ужета, па ће на тег и на котур деловати силе затезања као на слици 4.



Слика 4. Деловање силе затезања

- **Еластична сила опруге.** Свака опруга има неку своју „нормалну“ дужину у стању у којем није деформисана. Еластична сила се јавља када се опруга издужи или сабије. Ако је деформисана опруга у контакту са неким телом, деловаће на тело том својом еластичном силом: правац силе је дуж опруге, а смер такав да настоји да врати опругу у недеформисано стање. Интензитет еластичне силе је:

$$F = kx$$

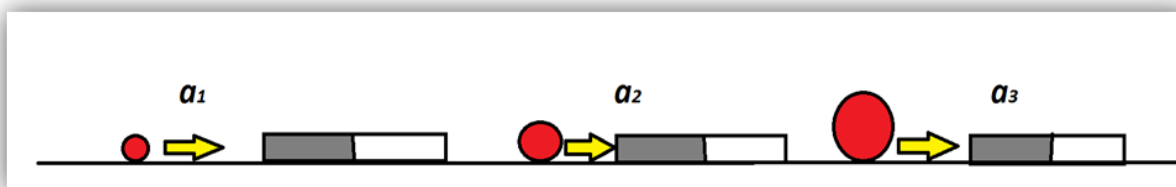
Где је x деформација опруге (тј. апсолутна вредност разлике дужина деформисане и недеформисане опруге), а k је коефицијент еластичности (величина која зависи од димензија и природе опруге).

- **Сила трења** делује између два чврста тела која се додирују.

- **Сила отпора средине** делује на тела која се крећу кроз течност или гас (у гасу је често занемарљива); ова сила увек има супротан смер од смера брзине тела.

4.1.3. Маса

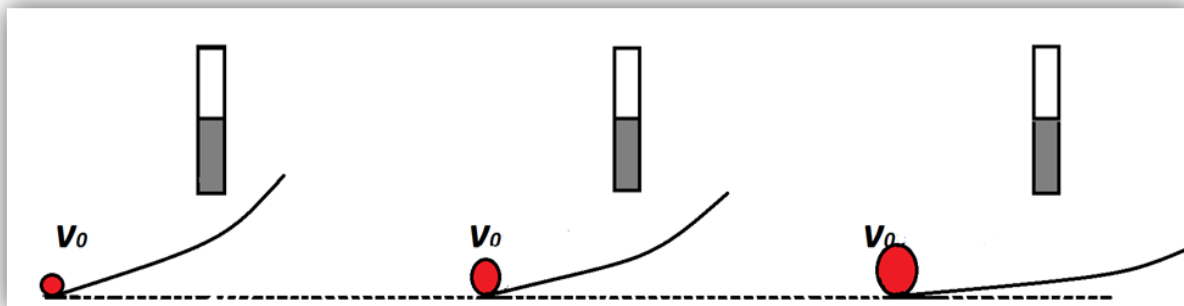
Да би се променила брзина тела, на њега мора да делује друго тело. Рецимо сандук ће из стања мировања прећи у кретање када га човек гура: празан сандук лако можемо померити на поду, а када је сандук напуњен књигама, морамо га гурати много јаче да би се покренуо. Лопту која се котрља по терену готово тренутно можемо зауставити ногом, а знатно већи напор морамо уложити када желимо да зауставимо бицикл који се креће истом брзином као лопта. Празан сандук и лопта се, дакле, мање, супротстављају промени брзине него пун сандук и бицикл.



Слика 5. Деловање магнета на челићну куглицу која мирује

Брзина челичне кугле може се мењати деловањем магнета на њу. Ако челична куглица мирује, па се на њу делује магнетом као на слици 5, куглица ће почети да се убрзано креће према магнету. Када се истим магнетом делује на већу челичну куглицу. Она ће се крећати мањим убрзањем. Дакле, што је куглица већа, њена промена брзине је мања, међу куглицама од истог материјала најтеже је покренути највећу.

Експеримент се може извести и у другачијој варијанти (слика 6): поред непокретног магнета пуштају се истим почетним брзинама челичне куглице разних величина. Услед деловања магнета путања куглице није права линија: што је куглица већа, мање је њено скретање са праволинијске путање, односно њена брзина (као вектор) најмање се мања.



Слика 6. Деловање магнета на ћелићну куглицу са поћетном брзином v_0

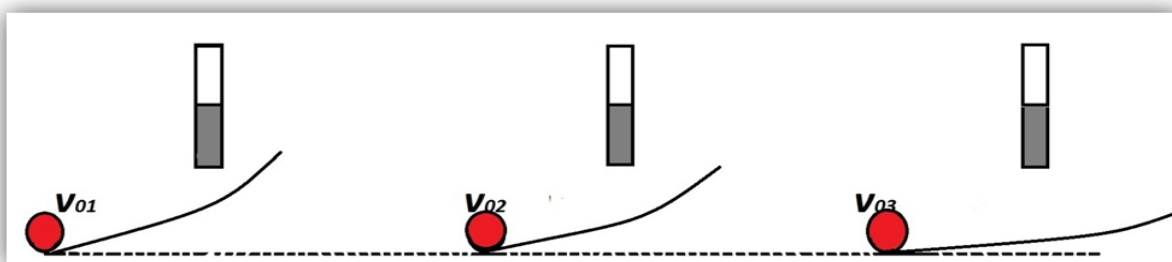
Тело које при узајамном деловању стекне мању брзину, односно чија се брзина мање преноси, троније је, инертније. Величина којом се квантитативно карактерише инертност тела је маса.

Маса је мера инертности тела.

Маса је скаларна величина чија је вредност увек позитивна, а зависи од облика и димензија тела и материјала од којег је тело направљено (међу челичним куглицама највећу масу има она која има највећи полупречник, односно највећу запремину; дрвена кугла има мању масу него челична кугла истог полупречника...). Јединица за масу је килограм (1 kg).

4.1.4. Импулс

Споменути оглед са челичном куглицом и непокретним магнетом можемо извести и тако што ћемо користити исту куглицу, али ћемо јој давати различите почетне брзине (слика7).



Слика 7. Деловање магнета на челићну куглицу са различитим почетним брзинама

Приметићемо да ће куглица најмање почетне брзине имати најискривљенију путању, док ће се најмање мењати кретање куглице са највећом почетном брзином. Објединујући резултате огледа са куглицама различитих маса и истих почетних брзина и огледа са куглицама исте масе и различитих почетних брзина, закључујемо да промена кретања куглице, условљена деловањем магнета, зависи и од брзине на сличан начин као од масе.

Узмимо још један пример: ако се кошаркашка лопта и одбојкашка лопта крећу истим брзинама, лакше ћемо зауставити одбојкашку чија је маса мања; исто тако, од две кошаркашке лопте лакше ћемо зауставити ону која лети мањом брзином. Или: стакло се разбије када камен удари у њега и онда када брзина камена није посебно велика; ако би толиком брзином на стакло пао пушчани метак, само би се одбио, а стакло би остало „неповређено“; али, ако би се метак испалио из пушке (тј. ако би имао јако велику брзину), стакло би било разбијено; дакле, интеракција стакла са неким другим телом зависи од масе тог тела, али, на исти начин, зависи и од његове брзине.

Према томе, понашање тела под дејством силе зависи и од масе и од брзине. То је запажено још и у раном развоју механике и уведена је једна величина која карактерише динамичка својства тела – ту величину Њутн је звао количина кретања, а данас се у физици чешће користи назив импулс тела.

Импулс је производ масе и брзине тела.

Јединица за импулс је 1 kg m/s („килограм пута метар у секунди“).

Како је маса скаларна, а брзина векторска величина, то је и импулс вектор који има исти правац и смер као брзина; обично се обележава са $\vec{p}$:

$$\vec{p} = m \vec{v}$$

4.1.5. Њутнови закони механике

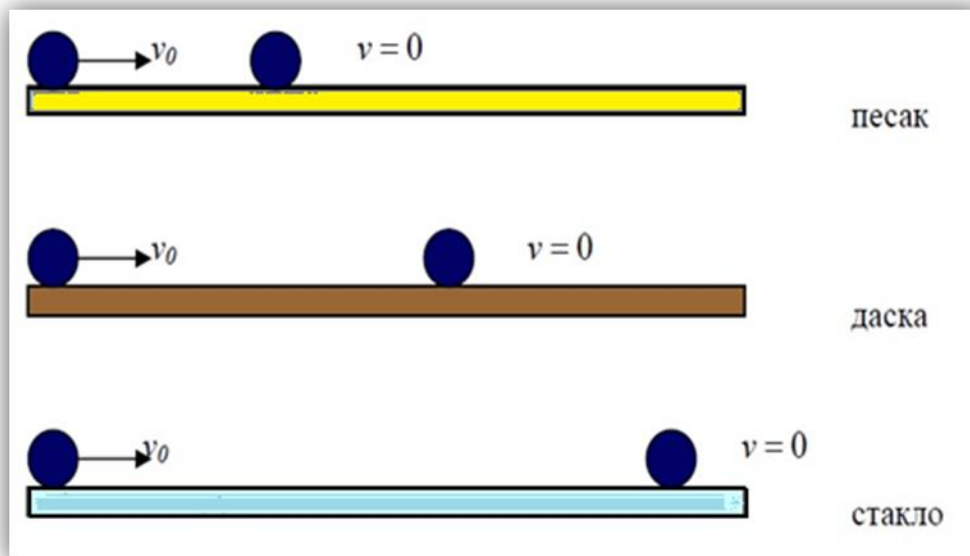
Њутнови закони објашњавају зашто се тела крећу и како се крећу под одређеним условима. Ови закони представљају темеље класичне, или Њутнове механике. Њутнови закони дефинишу промену стања тела, која настоје под утицајем деловања силе.

4.1.5.1. Први Њутнов закон

Каква је веза између кретања и силе? Да ли на свако тело које се креће делује нека сила, односно да ли је сила неопходна да би се одржавало кретање тела? Да бисмо дошли до одговора, користићемо мисаони експеримент за који је идеју дао Галилеј.

Шта се дешава ако се неко тело, нпр. кугла, гурне одређеном почетном брзином и пусти да се креће по хоризонталној подлози? Кугла ће се кретати праволинијски, успорено, и у једном теренутку ће се зауставити. То се дешава зато што на куглу делује подлога одређеном силом у супротном смеру од брзине кугле (знамо да се та појава назива трење).

Ако је кугла гурнута по песку, до заустављања ће се кретати кратко време и прећи ће мали пут (слика 8). Дужи пут прећи ће ако се гурне по дасци (истом почетном брзином), јер даска делује слабијом силом трења на куглу него песак. Још више ће се трење смањити ако се кугла гурне по стакленој подлози и ту ће кретање још дуже трајати, пређени пут ће бити још већи, брзина кугле ће се још спорије смањивати. Не можемо наћи подлогу без трења, али можемо замислити када бисмо је имали: када не би било трења (тј. када подлога не би деловала на куглу у правцу кретања), кугла би се кретала бесконачно дуго константном брзином.



Слика 8. Кретање куглице по различитим подлогама

На основу оваквих размишљања Галилеј је закључио да се тело креће константном брзином ако на њега не делује друго тело. Користећи Галилејове радове, Њутн је формулисао свој први закон динамике:

Свако тело задржава стање мировања или равномерног праволинијског кретања све док не интерагује са другим телом.

Тело може да мирује или да се креће равномерно праволинијски и када на њега делују друга тела – под условом да се деловања тих тела међусобно поништавају (односно да је резултат сила које на тело делују једнака нули). Рецимо, табле на зиду учионице мирује иако на њу делује Земљина вертикална сила наниже, јер делују и носачи на које је табла окачена вертикалном силом навише – та два деловања на таблу се међусобно поништавају.

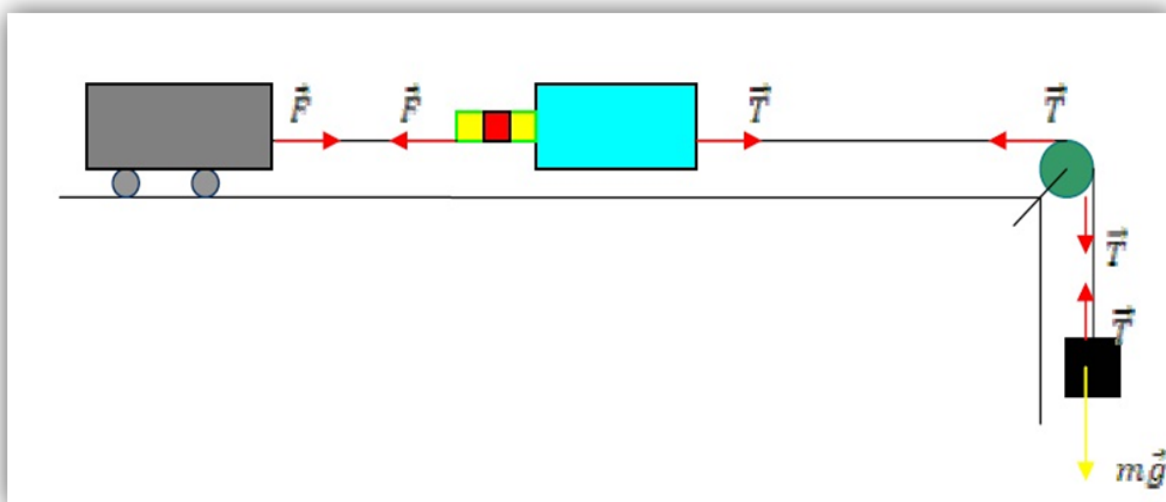
Тежња тела да остане у стању мировања или равномерног праволинијског кретања назива се инертност, па се први Њутнов закон зове и закон инерције. Из наведеног се закључује да је сила узрок промене брзине кретања: да би се променила брзина тела (било по интензитету, правцу или смеру) на то тело мора деловати неко друго тело, тј. мора деловати сила. На пример: након искључења мотора аутомобил ће се успоравати јер на

њега делује друм силом трења; ако при спуштању падобранца почне да дува ветар, под дејством ветра промениће се правац кретања падобранца; ако челична куглица слободно падне на тврду хоризонталну подлогу, под дејством подлоге промениће се смер кретања...

4.1.5.2. Други Њутнов закон

Ако се мења брзина или правац кретања тела, то јест ако постоји убрзање, могуће је увек наћи тело или неколико тела чије је дејство проузроковало то убрзање. У оваквом случају се каже да на посматрано тело делује нека резултујућа сила.

Другим речима: убрзање тела узрокује резултујућа сила која делује на то тело. Треба наћи везу између резултујуће силе и убрзања.



Слика 9. Веза између резултујуће силе и убрзања

Колица су преко динамометра (слика 9) и канапа пребаченог преко котура везана за тег. Величина силе којом тег делује на колица мери се динамометром. Убрзање колица може се наћи из пређеног пута и времена. Мерња у датом случају показују да је пут сразмеран квадрату времена што значи да је кретање колица равномерно убрзано.

Стога се убрзање колица одређује из формуле:

$$a = \frac{2s}{t^2}$$

>>МАСТЕР РАД<<

Употребом различитих тегова на колица ће деловати сила сваки пут различитог интензитета (F_1, F_2, F_3). Налазећи одговарајућа убрзања ($a_1, a_2, a_3, \dots$), долази се до следећег закључка да су убрзања управо сразмерна силама:

$$a \sim F$$

(ово неће важити ако подлога није довољно глатка јер тада на кретање колица утиће сила трења).

Уколико се на колица додају тегови, тиме мењамо масу колица, мерења показују да је убрзање колица обрнуто сразмерно маси:

$$a \sim \frac{1}{m}$$

О зависности убрзања тела од масе и силе говори II Њутнов закон:

Убрзање тела управо је сразмерно сили која на њега делује, а обрнуто сразмерно маси тела:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

II Њутнов закон може се формулисати и на следећи начин:

Сила која делује на неко тело једнака је производу масе тела и убрзања, које тело добија под дејством те силе:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

У случајевима када на тело делује истовремено више сила, у изразу за II Њутнов закон сила F представља резултанту свих сила које делују на тело.

Из II Њутновог закона изведена је јединица за силу. Сила под чијим дејством тело масе 1kg добија убрзање 1 m/s² узета је за јединицу силе која се назива њутн (1 N=1kg1m/s²).

Други Њутнов закон назива се и основни закон динамике. Наиме, помоћу овог закона, уз познати почетни положај и почетну брзину тела, може се у потпуности одредити како се креће тело под дејством датих сила.

Општа формулација II Њутновог закона

Основни закон динамике може се формулисати и на другачији начин:

из
$$\vec{F} = m\vec{a} \quad \text{следи} \quad m \frac{\vec{\Delta v}}{\Delta t} = \vec{F}$$

односно
$$\frac{m(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)}{t_2 - t_1} = \vec{F} \quad ; \quad \text{тј.} \quad \frac{m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \vec{F}.$$

У бројиоцу разломка у последњој једначини је промена импулса тела у временском интервалу $\Delta t = t_2 - t_1$. При томе:

Количина промене импулса тела и временског интервал једнак је резултујућој сили која на то тело делује током тог времена:

$$\frac{\vec{\Delta p}}{\Delta t} = \vec{F}$$

Ако је Δt произвољно велики временски интервал, онда је $\vec{F}$ средња вредност силе која је током тог времена деловала на тело.

Ако је Δt бесконачно мали временски интервал, а $\vec{\Delta p}$ промена импулса од тренутка t до тренутка $t + \Delta t$, онда је $\vec{F}$ сила која делује на тело у тренутку t .

И сам Њутн је свој други закон формулисао баш преко промене количине кретања тела. Овако формулисани закон има општије значење јер важи и за тела променљиве масе. Променљиву масу имају, на пример, реактивне ракете: мотор ракете избације гасове, настале сагоревањем горива, и ти гасови делују на ракету реактивном силом па се ракета креће у супротном смеру од смера истицања гасова. У том случају маса ракете се стално смањује (за онолико колико износи маса избачених гасова), а за кретање ракете важи II Њутнов закон у општијем облику.

Импулс силе

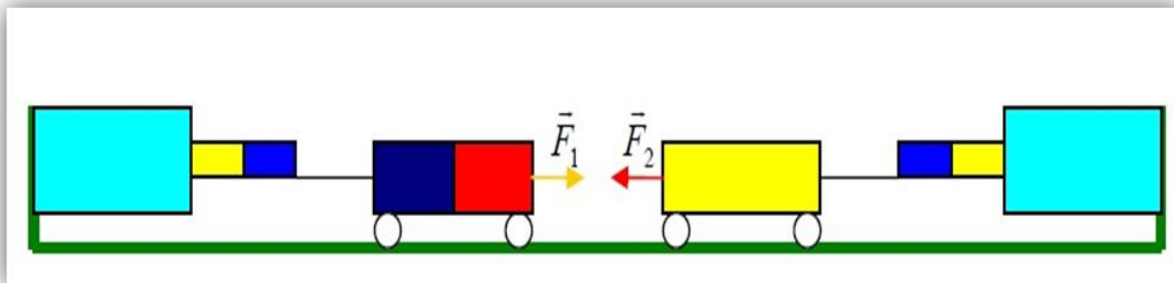
Величина $\vec{F} \Delta t$ назива се импулс силе (ако је $\vec{F}$ једина сила која делује на тело или резултујућа сила, онда је импулс силе једнак промени импулса тела). Та величина је битна код оних сила које имају велики интензитет током врло малог временског интервала, а пре и после тог времена њихов интензитет једнак је нули. Такве силе зову се импулсне силе и веома су значајне у процесима судара тела. У већини судара импулсна сила много је јача од других тела које делују на тело, па промена импулса тела практично зависи само од импулсне силе.

Рецимо, судар рекета и пинг – понг лоптице траје веома кратко, толико да се сам судар не може ни видети, види се само резултат судара: лоптица се одбила великом брзином; током судара на лоптицу су деловали рекет импулсном силом (силом притиска, односно силом нормалне реакције) и Земљина тежа – импулсна сила је знатно интензивнија и зато је промена импулса лоптице одређена том силом, тј. почетна брзина лоптице након одвајања од рекета зависи само од импулсне силе, а даље кретање одређено је деловњем силе теже.

4.1.5.3. Трећи Њутнов закон

Сила је мера узајамног деловање једних тела на друга услед којег долази до промене кретања тела или деформације тела. То деловање је узајамно. Ако на тело А делује неко тело Б, онда и тело Б делује тело А. Другим речима: при узајамном деловању два тела увек постоје две силе – једна делује на једно тело, а друга на друго тело.

На пример, магнет причвршћен за једна колица и комад гвожђа причвршћен за друга колица делују један на други силама које се могу мерити динамометрима закаченим за колица (слика 10). Динамометар прикачен за колица са гвожђем показује величину силе којом магнет привлачи гвожђе; динамометар прикачен за колица са магнетом показује величину силе којом гвожђе привлачи магнет.



Slika 10. Uzajamno delovanje dva tela

Овај оглед не само што показује да постоје истовремено обе ове силе, већ и то да су њихове величине једнаке. Ова чињеница представља садржину Трећег Њутновог закона који гласи:

Два тела дејствују једно на друго силама које имају исти правац и величину, а супротног су смера.

Математички израз Трећег Њутновог закона је:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

Треба имати у виду да силе $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ не делују на исто тело. Сила $\vec{F}_1$ делује на прво тело, а сила $\vec{F}_2$ на друго тело, стога је бесмислено говорити о резултанти тих сила пошто оне не делују на исто тело.

Постоји још једна важна особина ове две силе, које се појављују истовремено при узајамном дејству тела. Те силе имају увек исту природу.

Силе $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ често се називају акција и реакција или дејство и противдејство, те се Трећи Њутнов закон формулише врло кратко:

Акција је једнака реакцији, или дејство је једнако противдејству.

4.1.5.4. Услови под којима важе Њутнови закони

Формулишући I Њутнов закон (Закон инерције) коришћени су појмови као што су „мировање“ или „равномерно кретање“. Поставља се питање колико је оправдано користити ове појмове пошто се сва тела у природи крећу и да се чак планета Земља креће убрзано, па самим тим и сва тела која су на Земљи. За разлику од Њутна који је користио појмове као што су „апсолутни простор и време“ и „апсолутно кретање као промена апсолутног положаја“, ми знамо да се у реалном свету промена положаја тела (кретање) може одредити само у односу на неко друго материјално тело. Свако од њих можемо прогласити за непокретно и за њега „везати“ координатни систем који ће онда бити непокретан, а у односу на њега тела ће мировати, равномерно или убрзано се кретати.

Такође треба увести ограничења важења Њутнових закона. Њутнови закони не важе у неинерцијалним системима, односно важе у инерцијалним системима, тј. у системима који се у односу на земљу крећу равномерно праволинијски. Друго ограничење важења Њутнових закона представљају брзина и димензија тела. Ако су брзине тела блиске брзини светлости, Њутнови закони не важе па се морају примењивати закони релативистичке механике. Ако су димензије тела блиске димензијама молекула и мање, Њутнови закони се не могу применити, тада важе закони квантне механике.

4.1.6. ТРЕЊЕ

Знамо да свако тело које се креће по некаквој подлози, после извесног времена заустави ако престане да делује сила која је изазвала кретање, зауставиће се књига коју смо гурали да клизи по столу, зауставиће се скијаш ако не користи штапове, зауставиће се аутомобил кода се искључи мотор чак и ако нису активирани кочнице. Узрок заустављања је сила трења.

Сила трења делује при непосредном контакту два тела. Ако су то два различита тела, онда се говори о спољашњем трењу, док између слојева исте течности или гаса

делује сила унутрашњег трења. При кретању чврстог тела кроз течност или гас делује сила отпора средине која се може сматрати посебном врстом силе трења.

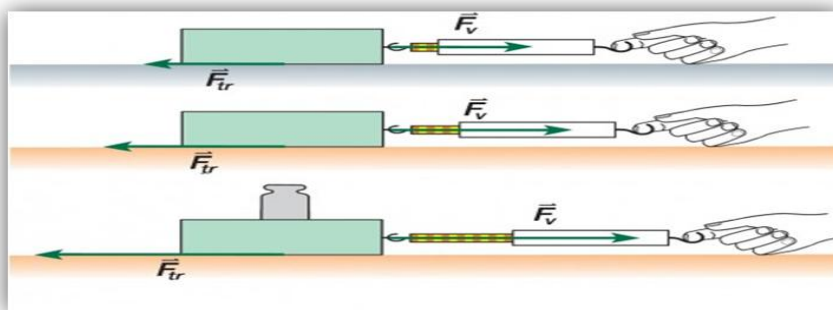
Овде ћемо размотрити трење које се јавља између два чврета тела. Разликују се три облика тог такозваног сувог трења: трење мировања, клизања и трење котрљања.

4.1.6.1. Трење мировања

Трење се може проучити једноставним огледом (слика 11). Нека се на столу налази тело које је везано за динамометар. Други крај динамометра вучемо паралелно са подлогом. Ако је наша вучна сила мала, тело се неће померати. То значи да и подлога делује на тело силом истог интензитета и правца у супротном смеру – то је сила трења. Повећајмо мало вучну силу – тело се опет не помера. Дакле, и сила трења се исто толико повећала и опет је, по правцу и интензитету, једнака вучној сили:

$$\vec{F}_{tr} = -\vec{F}$$

Сила трења мировања не делује само када се тело налази на хоризонталној подлози, већ при сваком покушају да се два тела, која се додирују, покрену једно у односу на друго: димничар може оставити своју кутију са алатом на закошеном крову куће, она неће пасти без обзира што Земљина тежа има компоненту која делује на кутију и вуче је низ кров – у супротном смеру на кутију делује кров силом трења мировања.



Слика 11. Сила тренја и сила вучења

Сила трења мировања (или статичког трења) једнака је по интензитету и правцу, а супротна по смеру, укупној спољашњој сили која делује на тело у правцу паралелном подлози.

Повећавајући интензитет вучне силе, при некој њеној вредности тело ће се покренути. То значи да сила трења мировања има неку максималну вредност. Све док је спољашња сила слабија од максималне силе трења мировања, тела ће бити у релативном мировању.

Од чега зависи максимална сила трења мировања може се утврдити помоћу поменутог огледа. Рецимо, ако на тело које вучемо динамометром, стављамо тегове, односно повећавамо силу нормалног притиска тела на подлогу, приметимо да нам је потребана све већа вучна сила за померање тела. Оваква мерења показују да је максимална сила статичког трења сразмерна сили нормалног притиска тела на подлогу.

Можемо на сличан начин испитати да ли сила трења зависи од величине додирне површине тела између којих делује: ма како да поставимо тело на подлогу, сила потребана за његово покретање увек је иста. То значи да максимална сила статичког трења не зависи од величине додирне површине тела са подлогом. Ако бисмо на доњу површину тела залепили танак шмиргл папир и поновили иста мерења, констатовали бисмо да је потребна јача сила за покретање тела, што значи да максимална сила статичког трења има већи интензитет. Дакле, интензитет максималне силе трења мировања зависи од храпавости додирних површина тела.

Интензитет максималне силе трења мировања одређен је формулом:

$$F_{max} = \mu_s N$$

Где је N сила нормалног притиска једног тела на друго, а μ_s је коефицијент статичког трења. Коефицијент статичког трења је бездимензиона величина, чија вредност зависи од природе додирне површине тела.

Сила статичког трења се у низу случајева супротставља кретању тела: она нам не дозвољава да померамо тешке предмете, да извучемо сикеру из дрвета, она задржава мердевине да не падну, спречава проклизавање точкова у кривини и тако даље.

Међутим, сила трења мировања може и да помогне да се изазове и одржава кретање. Сила трења мировања често је неопходна за кретање тела – захваљујући њој крећу се и људи. Наиме, човек, када хода, стајном ногом потискује подлогу „уназад“; исто толиком силом и подлога делује на ђонове његове обуће; захваљујући тој сили која делује на стајну ногу, човек може, радом мишића, да другу ногу помера напред. Како нога на подлози не проклизава, овде се ради о сили трења мировања. Лакше ходамо по бетону него по влажној глини јер је коефицијент статичког трења у првом случају знатно већи него у другом; мања је опасност да човек падне када се креће по хоризонталној него по косој залеђеној површини – у првом случају већа је сила нормалног притиска човека на лед, а тиме и максимална сила статичког трења.

И аутомобили, аутобуси, возови, бицикли,... крећу се уз помоћ трења – сила трења мировања између вучних точкова и пута омогућава да се возило, захваљујући унутрашњим силама које се јављају при раду мотора креће напред.

4.1.6.2. Трења клизања

И када се два тела крећу једно у односу на друго, између њих делује сила трења. Зависно од облика кретања, то може бити трење клизања или трење котрљања.

Оглед са телом и динамометром може се користити и за мерење силе трења клизања: ако се тело под дејством силе F креће равномерно, онда сила трења клизања има исти интензитет као сила F , тј. Мерење силе трења клизања може се свести на мерење вучне силе при којој се тело креће равномерно.

То нам показије да и сила трења клизања (или динамичког трења) зависи од силе нормалног притиска једног тела на друго.

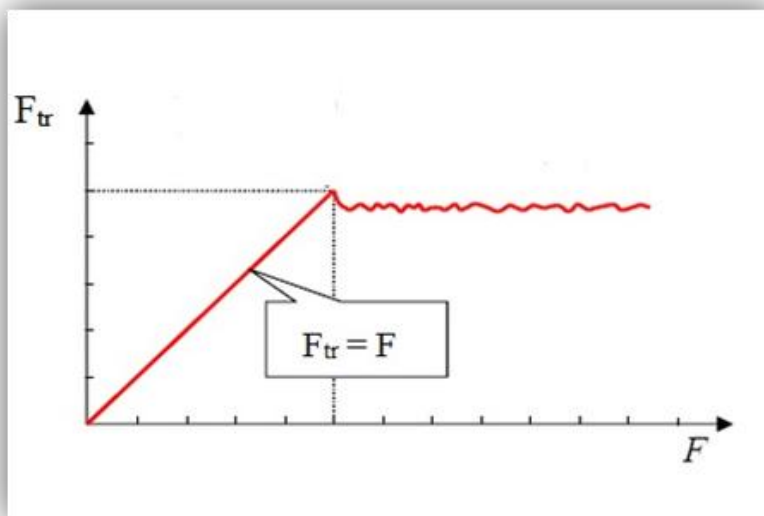
Интензитет силе трења клизања одређен је формулом:

$$\overline{F_{max}} = \mu_d N$$

Где је N сила нормалног притиска једног тела на друго, а μ је коефицијент динамичког трења.

Мерења показују да је коефицијент динамичког трења нешто већи од коеф. статичког трења између истих тела (потребана је нешто јача сила да би се једно тело покренуло преко другог, него да би се одржавало њихово равномерно релативно кретање; мошете се и само уверити: отворите фијоку, па је затим гурајте палцем са намером да је померите за милиметар- две; неће вам успети, фијока ће отклизати бар десет пута више; фијока наине, почне да клизи онда када сила којом гурате буде једнака максималној сили статичког трења; чим почне да клизи, коефицијент трења се смањи, па је сила којом гурате фијоку јача од силе трења и зауставни пут је дужи). Разлика између статичког и динамичког коефицијента трења је мали, стога се често узима да је коефицијент трења клизања константан и једнак коефицијенту трења мировања.

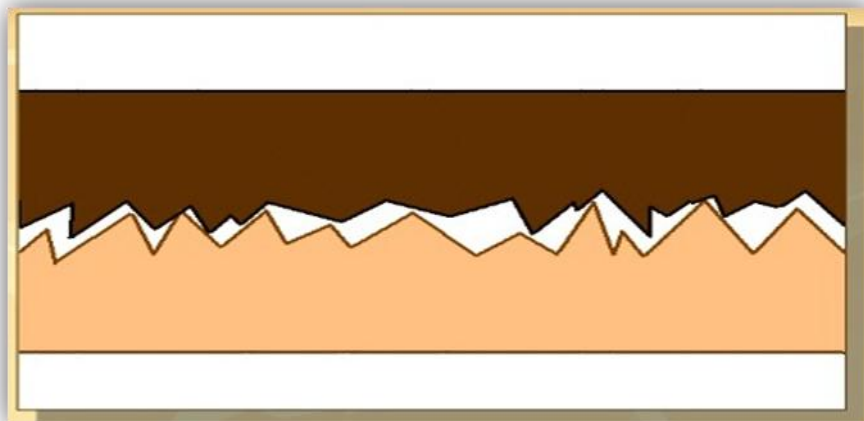
Према томе, за разлику од силе статичког трења, сила трења клизања има константан интензитет. На слици 12 је приказан график зависности силе трења од спољашње силе која изазива кретање тела. Све док је спољашња сила мања од максималне силе статичког трења, интензитет силе трења једнак је интензитету спољашње силе, када је спољашња сила јача од максималне силе статичког трења, тело ће клизати, а уз претпоставку да је сила нормалног притиска константна, и сила трења имаће константан интензитет.



Слика 12. Зависности силе трења од спољашње силе која изазива кретање тела

Како се објашњава трење?

Трење можемо објаснити задирањем неравнина једног тела у неравнине другог (слика 13). Веома очигледан пример је кретање двеју четки једне преко друге, прилични је тешко вући четку преко четке јер зупци или влакна једне запињу за зупце друге. Исто се дешава и када сз било која два тела у контакту, њихове додирне површине имају одређене неравнине, испупчења и удубљења. Они могу бити и невидљиви голим оком, али свакако постоје. Када се тело креће преко тела испупчења једног тела западаће у удубљења другог и то ће се, у макроскопским размерама, манифестовати као сила које се супротставља кретању, односно као сила трења. Коефицијент трења зависи од тих неравнина – што је површина храпавија, коефицијент трења има већу вредност, тј сила трења је јача. Ако је сила нормалног притиска једног тела на друго већа, испупчења једне површине задираће дубље у површину другог тела и стога ће сила трења бити већа.



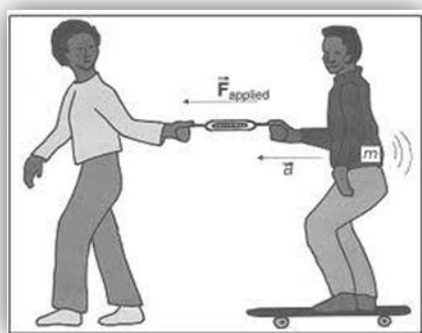
Слика 13. Неравнине два тела које узрокују трење

Међутим када су додирне површине два тела готово идеално равне (две стаклене плоче), врло је тешко померати једно тело преко другог: у овом случају молекули једног тела толико су близу молекулима другог, да између њих делују јаке привлачне силе, тј тела се залепе једно за друго.

4.1.6.3. Трење котрљања

Ако се једно тело котрља преко другог (без клизања) између њих делује трење котрљања (слика 14).

Споменути оглед са телом и динамометром може се мало модификовати, како би се испитивало и трење котрљања; ако се тело постави на неколико облик оловака, за одржавање сталне брзине његовог кретања биће потребна знатно слабија сила од оне при клизању.



Слика 14. Трење котрљања

Сила трења котрљања много је слабија од силе трења клизања.

Огледи показују да је сила трења котрљања сразмерна сили нормалног притиска једног тела на друго, а обрнуто сразмерна полупречнику котрљајућег тела.

Штетне последице трења

Услед трења увек долази до већег или мањег загревања тела, до хабања или неког другог оштећења: излижу се обућа и одећа, аутомобилске гуме, иступе се ножеви, секире, турпије, хабају се делови машина... код техничких уређаја то се одражава на квалитет рада, утрошак енергије и рок употребе, па је потребно што више смањити трење. У том циљу уграђују се котрљајући лежајеви, подмазују се делови, између делова се оставља ваздушни слој и тако даље.

4.1.7. Центрипентална сила

Свако криволинијско кретање је убрзано. Ако се тело (занемарљивих димензија) равномерно креће по кружности, оно има нормално или центрипентално убрзање:

$$a_{cp} = \frac{v^2}{r}, \text{ где је } r \text{ полупречник путање, а } v \text{ брзина тела.}$$

Правац овог убрзања је дуж полупречника, а смер је ка центру кружне путање. Како постоји убрзање, мора постојати и сила која га обезбеђује. По другом Њутновом закону та сила једнака је производу масе и убрзања тела:

$$\vec{F}_{cp} = m \vec{a}_{cp}$$

Што значи да она има исти правац и смер као центрипентално убрзање. Таква сила се зове **центрипентална сила**.

Центрипентална сила има правац полупречника кружне путање тела, смер ка центру и интензитет:

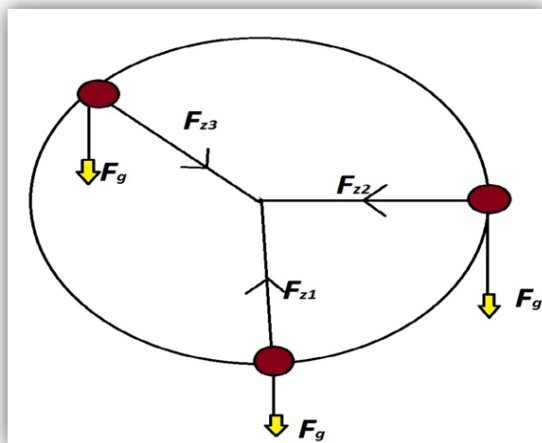
$$F_{cp} = m \frac{v^2}{r}, \text{ односно } F_{cp} = mr\omega^2,$$

Где је m маса тела, r полупречник кривине путање, v брзина, а ω угаона брзина кретања.

Центрипентална сила није никаква посебна врста силе - то је заправо, векторски збир радијалних компоненти свих сила које делују на тело. На пример:

- Ако се тело везано за нит обрће у хоризонталној равни, нормално убрзање даје му сила затезања нити, односно сила затезања је центрипентална сила.
- У случају обртања тела на концу у вертикалној равни (слика 15) центрипентално убрзање одређују сила затезања нити и Земљина тежа: у положају 1 центрипентална сила је $F_{cp1} = F_{z1} - F_g$; у положају 2 центрипентална сила је само сила затезања (Земљина тежа нема компоненту у правцу полупречника путање): у положају 3 центрипентална сила је

$F_{cp3} = F_{z3} - F_{gr}$, где је F_{gr} радијална компонента Земљине теже (тј. компонента у правцу полупречника путање тела).



Слика 15. Обртања тела на концу у вертикалној равни

Центрипентална сила која омогућава Месецу да кружи око Земље је гравитациона сила; електрони се обрћу око језгра атома под дејством електричне силе (тј. електрична сила је центрипентална); делићима неког обртног механизма центрипентално убрзање обезбеђују еластичне (међумолекулске) силе које делују између њих.... дакле, улогу центрипенталне силе може обави било која сила – потребно је да има одговарајући правац и смер.

Да би тело ротирало жељеном брзином, центрипентална сила мора да има одговарајући интензитет:

$$F_{cp} = ma_{cp} = m \frac{v^2}{r}.$$

Шта се дешава ако интензитет силе није толики? Ако дечак врти конач са привезаним каменом у хоризонталној равни све брже и брже, он мора све више и више да затеже конач (центрипентална сила је компонента силе затезања). У случају да брзина буде превелика, затезање ће довести до кидања конца. Тада исчезава сила затезања

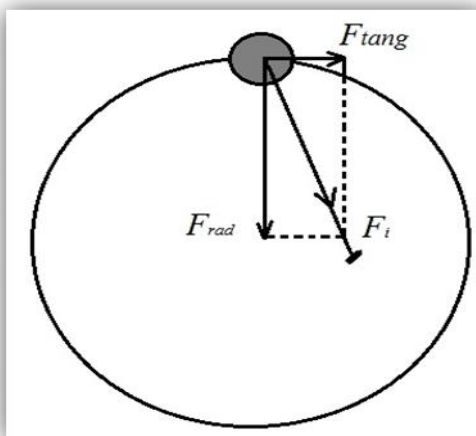
(центрипетална сила) и камен више не може да се креће по кружној путањи, већ по инерцији излеће у правцу тангенте.

Равномерно кружно кретање

Ако резултанта свих сила које делује на тело, уз одговарајући интензитет ($F = ma_n$), има правац полупречника и усмерена је ка центру кружне путање, тело има само центрипетално убрзање и креће се равномерно.

Променљиво кружно кретање

Уколико резултујућа сила, поред радијалне, има и тангенцијалну компоненту, тело има и тангенцијално убрзање, па се креће по кружној путањи неравномерно. У том случају резултантна сила у сваком тренутку има правац укупног убрзања. Бацач кладива, окрећући сајлу, помера и руку тако да она није у тренутном центру кривине путање кугле; стога сила затезања има и тангенцијалну компоненту (слика 16), па се кладиво обрће све брже и брже, како би излетело из руке са што већом брзином и пало на што већем растојању.



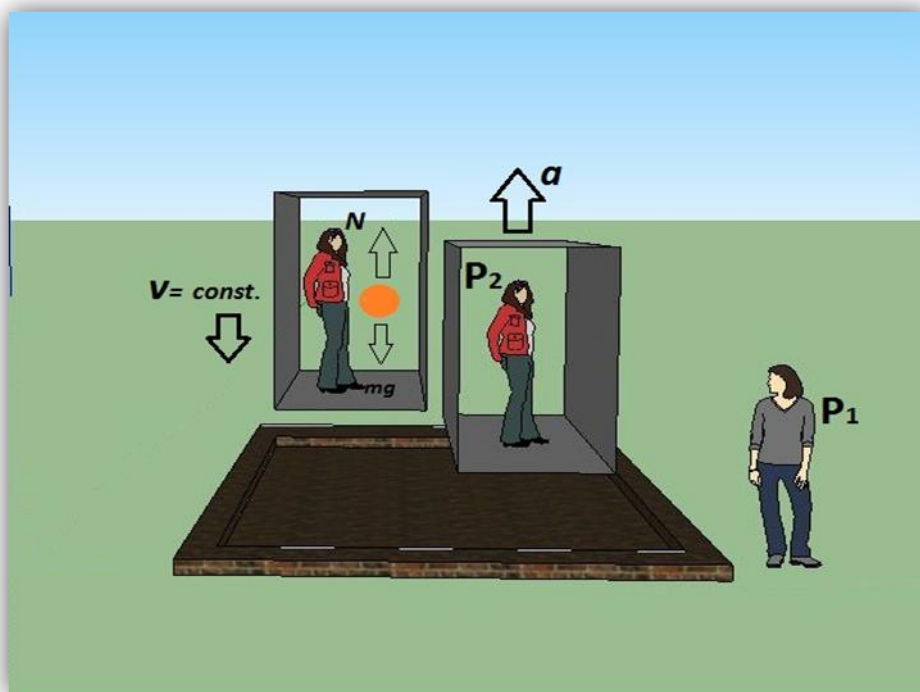
Слика 16. Променљиво кружно кретање са тангенцијалном силом

4.2. Инерцијални и неинерцијални референтни систем

Њутнов (и Галилејев) закон инерције гласи:

Тело се креће равномерно праволинијски или мирује ако на њега не делују друга тела (или се деловање других тела међусобно поништавају).

Ипак, та формулација није сасвим корективна – наиме, тако наведен закон не важи у свим референтним системима. Показаћемо то на примеру.



Слика 17. Инерцијални и неинерцијални референтни систем

Замислимо да у некој згради постоје два стаклена лифа који се крећу један поред другог, при чему оба лифта могу да се виде и са плочника ван зграде (слика 17). Нека се један лифт креће константном брзином и нека је у том лифту девојчица која држи лопту у руци. Та девојчица види да на лопту делује Земљина тежа наниже и сила реакције руке навише; резултанта те две силе једнака је нули, а лопта мирује – према томе, девојчица закључује да за лопту важи закон инерције.

>>МАСТЕР РАД<<

Дечак на плочнику такође константује да на лопту делује Земљина тежа и сила реакције и њихова резултанта једнака је нули; за дечака лопта не мирује, она се равномерно креће праволинијски (брзином лифта) – дакле, важи закон инерције.

Како кретање лопте види посматрач из лифта који се креће навише убрзањем a ?

И он види да на лопту делују само Земља силом теже и рука силом реакције; резултанта те две силе је нула; али, овом посматрачу лопта се приближава убрзано. Дакле, иако се деловања других тела на лопту међусобно поништавају, она се креће убрзано, тј. не важи закон инерције.

Према томе, у неким референтним системима важи закон инерције и такви системи се зову **инерцијални референтни системи**. Они у којима закон инерције не важи су **неинерцијални**. На основу размотрених примера може се закључити да је инерцијални референтни систем онај који мирује (тј. који је везан за Земљу – планету или земљу као тло на којем се налазимо), као и системи који се крећу равномерно праволинијски (у односу на земљу). Неинерцијални референтни системи су они који се крећу убрзано (у односу на земљу).

Да ли је неки систем инерцијалан или не, може се утврдити само експериментом. Један исти систем за неке појаве је инерцијалан, за друге није. Земља се креће по кружној путањи око Сунца и ротира око своје осе. Кружно кретање је убрзано, па референтни систем везан за Земљу ипак није инерцијалан. Убрзање Земље, међутим, не утиче на највећи број појава: кретање људи и превозних средстава, делова машина, кретање честица у атомима и молекулима, звучне, топлотне и електромагнетне појаве у лабораторијама и тако даље. У таквим сличајевима референтни систем везан за Земљу јесте инерцијалан. Није инерцијалан за оне појаве на које утиче Земљино кретање (јаки ветрови, деловање воде на речна корита и неке друге).

И Сунце ротира, и галаксија ротира, па, строго гледано, нису инерцијални ни референтни системи везани за Сунце, односно центар галаксије. Ниједан физичар не може указати на неки конкретан референтни систем и рећи да је он инерцијалан за све појаве. Али физичар каже:

Ако постоји један инерцијалан систем (означимо га се S), онда их има бесконачно много: сви системи који се у односу на S , крећу равномерно праволинијски такође су инерцијални.

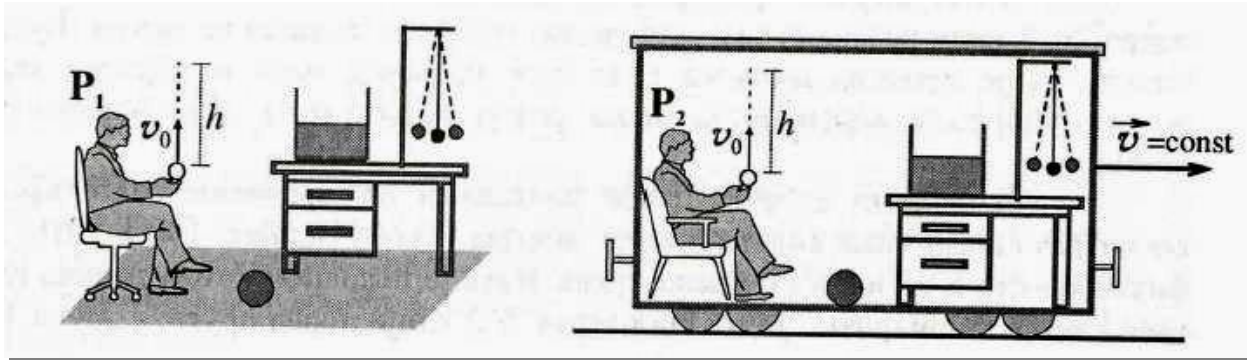
4.2.1. Галилејев принцип релативности

Да се инерцијални референтни системи међусобно разликују, може ли се по нечему издвојити бар један од њих? Одговор би могли да дају експериментатори који врше исте експерименте у разним системима: рецимо један експериментатор врши неки оглед у лабораторији, док други експериментатори раде исти оглед у возовима који се крећу равномерно праволинијски у разним правцима. Када се експериментатори поново окупе и упореде своје резултате, показате се да су они исти: у сваком инерцијалном систему појава коју су посматрали одвијала се на исти начин. Наведимо једноставне примере.

- Један посматрач (експериментатор) седи у лабораторији и баца лоптицу вертикално навише одређеном брзином (слика 18). Лоптица ће се кретати успорено навише, достићи ће максималну висину, затим се по истој путањи вратити. Други посматрач то исто ради у вагону који се креће равномерно по правој прузи. И његова лоптица, са истом почетном брзином, креће се на исти начин: по путањи истог облика, достићи ће исту висину, вратиће се после истог времена као лоптица експериментатора у лабораторији.

- Ако експериментатор у лабораторији стави куглу на гладак под, кугла ће мировати. Исто тако мирује и кугла коју је експериментатор ставио на гладак под вагона који се креће равномерно праволинијски.

- Како стоји површина воде у акваријуму? Ако у акваријуму на столу у соби, површина воде је хоризонтална. Таква је и у акваријуму у вагону који се креће равномерно по правој прузи.



Слика 18. Посматрач седи у лабораторији и у вагону који се равномерно креће

- Математичко клатно у лабораторији мирује у вертикалном положају; ако се мало изведе из тог положаја и пусти, осциловаће око вертикалног положаја са одређеним периодом. Исто такво клатно у вагону, при равномерном праволинијском кретању вагона, понаша се исто: у вертикалном положају је у равнотежи, а ако се помери, осцилује са истим периодом као и у лабораторији.

Дакле, појаве се на исти начин дешавају у референтним системима везаним за Земљу и за вагон који се креће равномерно праволинијски, односно у инерцијалним системима. Исто би било и са другим огледима из механике, па је још Галилео рекао:

У сваким инерцијалним референтним системима механичке појаве дешавају се на исти начин.

То тврђење назива се Галилеов принцип релативности. Може се формулисати овако:

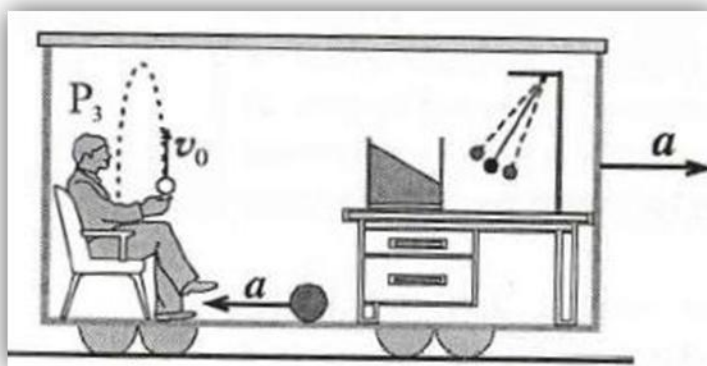
Закони механике имају исти облик у свим инерцијалним референтним системима.

Према томе, сви инерцијални системи су равноправни, ни по чему се не може издвојити један од њих. Посматрач у инерцијалном систему неможе знати да ли се његов систем креће и коликом брзином.

4.2.2. Неинерцијални референтни систем

У неинерцијалним референтним системима појаве се одвијају другачије него у инерцијалним.

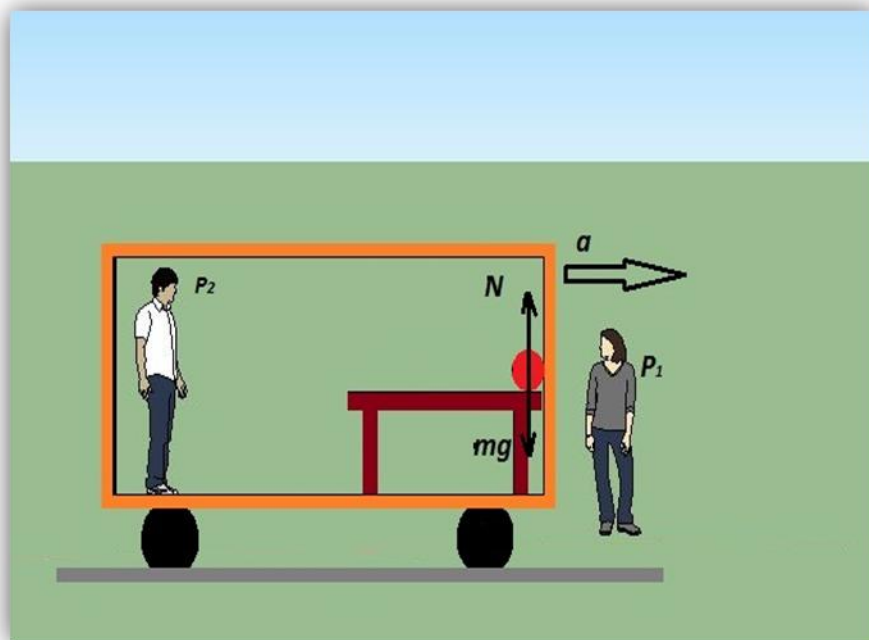
- Експериментатор у вагону који се креће убрзано (слика 19) констатовао би: лоптица, бачена вертикално навише, не креће се по правој, већ по кривој путањи и пада уназад; кугла на глатком поду креће се са убрзањем a ; површина воде у акваријуму је искошена, а период осциловања је другачији него у лабораторији.



Слика 19. Посматрач седи у вагону који се креће убрзано

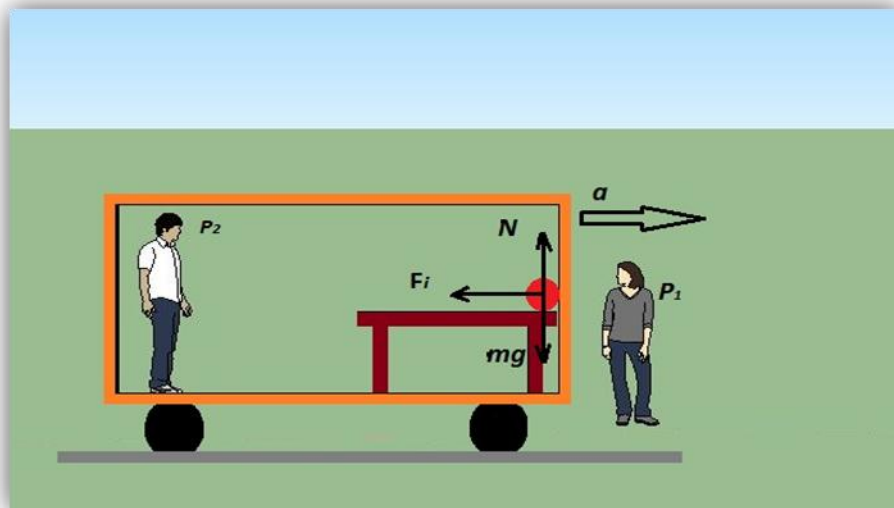
Неинерцијални референтни системи су они у којима не важи закон инерције. У овим референтним системима, међутим, не важи ни други Њутнов закон у смисли да је промена импулса тела (или производ масе и убрзања тела) једнака резултујућој сили којом друга тела делују на дато тело. И то можемо показати на примеру.

Замислимо дугачак вагон направљен од провидног материјала тако да посматрач споља може видети шта се дешава у њему (слике 20 и 21). У вагону је фиксирани сто и на њега стављена кугла. Нека је површина стола толико глатка да се трење може занемарити. Један посматрач (P_1) стоји поред пруге, а други (P_2) налази се у вагону. Када вагон почне да се креће убрзано кугла ће се кретати по столу и пасти са њега. Како кретање кугле виде и објашњавају посматрачи P_1 и P_2 ?



Слика 20. Посматрач се налази поред вагона

Рецимо да посматрач P_1 стоји на прузи баш наспрам кугле. Када вагон крене посматрач ће констатовати да се кугла не креће – све време ће бити наспрам њега као што је била и пре него што је вагон кренуо. Креће се, међутим сто испод кугле (заједно са вагоном). Посматрач P_1 види да на куглу делују два тела: Земља (силом теже) и сто (силом нормалне реакције); резултанта те две силе једнака је нули. Дакле, за посматрача P_1 кугла мирује, тј. њено убрзање једнако је нули и резултантна сила којима друга тела делују на куглу једнака је нули. Дакле, производ масе и убрзања кугле јесте једнак резултијућој сили тј. важи други Њутнов закон. Када сто целом својим дужином прође испод кугле, она ће слободно падати. Тада на њу делије само Земља силом теже и опет важи други Њутнов закон: $ma = mg$.



Slika 21. Када се посматрач налази унутар вагона

За посматрача у вагону (слика 21) што мирује, а кугла се креће убрзањем a . И овај посматрач види да на куглу делују само Земља и сто и њихова деловања се поништавају. Дакле, резултијућа сила којом друга тела делују на куглу једнака је нули, а кугла има убрзање различито од нуле. За посматрача у вагону, према томе, не важи други Њутнов закон.

4.2.3. Инерцијалне силе

Како посматрач P_2 у претходном примеру може да објасни чињеницу да се кугла креће убрзано иако се деловања других тела на њу међусобно поништавају? Једино тако што ће сматрати да на куглу делује некаква сила чији је интензитет једнак производу масе тела и убрзања; смер те силе супротан је од смера убрзања вагона. Таква сила зове се инерцијална сила.

Инерцијалне силе су фиктивне, нису праве јер нису изазване деловањем других тела. Према томе, у неинерцијалним референтним системима поред правих сила делују и фиктивне силе инерције (инерцијалне силе).

Инерцијалне силе су последица убрзаног кретања референтног система и делују на тело само у неинерцијалним системима. Интензитет инерцијалне силе једнак је производу

масе тела и убрзања система, правац је исти као правац убрзања система, а смер је супротан:

$$\vec{F}_i = -m\vec{a}$$

Инерцијалне силе треба узимати у обзир само када се кретање посматра из неинерцијалног референтног система.

Основни закон динамике у неинерцијалним референтним системима

Инерцијалне силе се уводе да би и у неинерцијалним референтним системима важили закони аналогни првом и другом Њутновом закону. Основни закон динамике у овим референтним системима гласи:

Промена импулса тела и јединици времена (или производ масе и убрзања тела) једнака је резултанти свих сила (реалних и инерцијалних) које на то тело делују.

Дакле : $\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \vec{F} + \vec{F}_i$ и $m\vec{a} = \vec{F} + \vec{F}_i$

Где су $\Delta \vec{p}$ и $\vec{a}$ – промене импулса и убрзања тела у односу на неинерцијални референтни систем, $\vec{F}_i$ – инерцијална сила, $\vec{F}$ – резултанта свих правих сила које делују на тело.

Из наведеног је јасно да први закон динамике важи у облику:

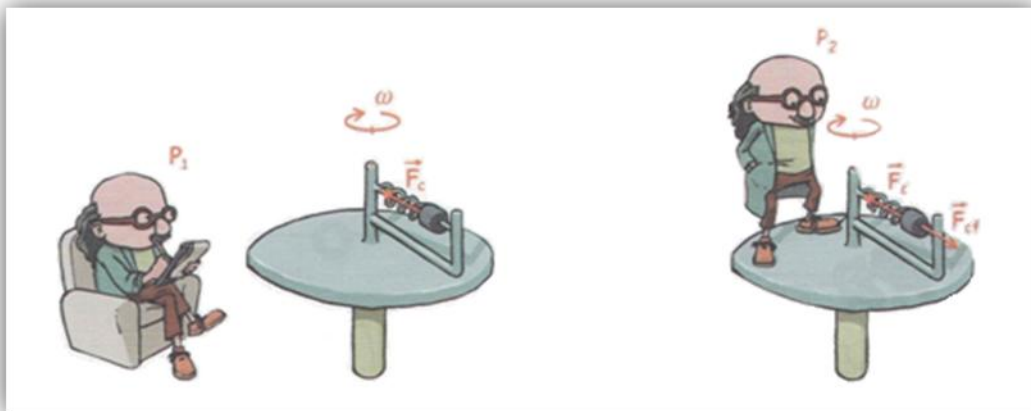
Ako je rezultanta pravih i inercijalnih sila koje deluju na telo jednaka nuli, telo se kreće ravnomerno pravolinijski.

4.3. Центрифугална сила

У сваком референтном систему који се креће убрзано у односу на инерцијални систем, делује инерцијална сила. Свака тачка референтног система који кружи има свакако нормално убрзање, па и у обртним референтним системима делују одговарајуће инерцијалне силе. Како је нормално убрзање усмерено дуж полупречника према центру

кружне путање, на тело у таквом систему делује инерцијална сила дуж правца полупречника у смеру од центра. Та инерцијална сила зове се центрифугална сила.

Посматрајмо пример (слика 22), за осовину обртне платформе причвршћена је глатка шипка дуж које тело може да клизи, тело је везано за један крај еластичне опруге, док је други крај опруге причвршћен за осовину.



Слика 22. Анализа кретања тела са становишта посматрача P_1 у инерцијалном и неинерцијалном референтном систему

Ако анализирамо кретање тела са становишта посматрача P_1 у инерцијалном референтном систему тело се заједно са целим механизмом, обрће равномерно, а центрипетално убрзање даје му еластична сила развучене опруге. За посматрача P_2 који се обрће заједно са механизмом тело се не креће. Тај посматрач мора овако да објасни кретање тела: опруга је развучена и делује на тело одговарајућом силом, како се тело не креће, то мора постојати сила исто толиког интензитета и истог тог правца, али у супротном смеру; не постоји никакво друго тело које би деловало таквом силом - према томе, ради се о фиктивној сили, односно инерцијалној сили.

Као и свака инерцијална сила, и центрифугална има исти правац као убрзање референтног система, а супротан смер; овде се ради о центрипеталном убрзању које је усмерено ка оси ротације, те је центрифугална сила усмерена дуж полупречника од осе ротације. Интензитет инерцијалне силе једнак је производу масе тела и убрзања система:

*Центрифугална сила је инерцијална сила која делује у обртним референтним системима:
има правац радијуса, смер од осе и интензитет:*

$$F_{cf} = mr\omega^2$$

*Где је m – маса тела, r – удаљеност тела од осе ротације система, ω – угаона брзина
ротације система.*

Неке примене центрифугалне силе

Центрифугална сила има низ примена у техници и споменућемо неке од њих.

- У хемији, медицини, фармацији, прехранбеној индустрији... доста се користи центрифугални сепаратори. Њихова функција је раздвајање честица различитих маса. На пример: када би епрувета са мутном водом била остављена да стоји у вертикалном положају, теже честице муља издвојили би се на дну епрувете, а изнад би остала чиста вода; тај процес потрајао би дуго и по неколико дана. Знатно брже се то може урадити када се епрувета са мутном водом врти великом учестаношћу око вертикалне осе; тада се центрифугална сила понаша као знатно већа сила теже и она одвлачи масивније честице муља на један крај епрувете и тако се за неколико секунди раздвоје муљ и вода. Овакви системи користе се и за издвајање воде из соли, масти из млека, неких састојака из крви...

- Саставни део машине за прање веша је центрифуга, у металургији се користи центрифугално ливење...

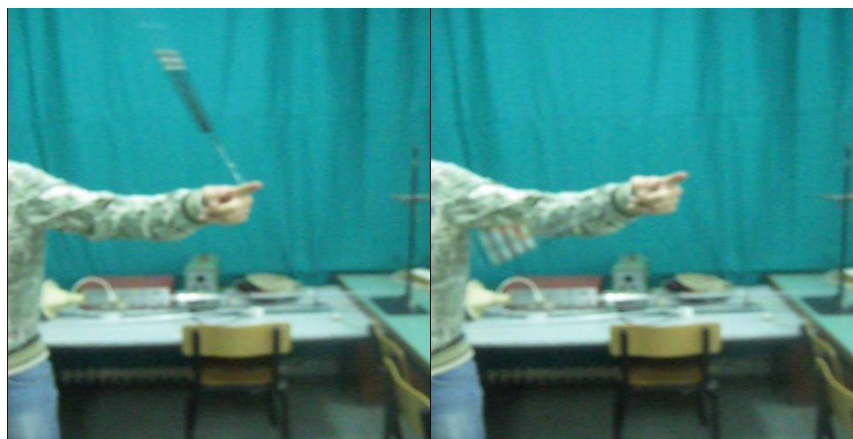
5. Примери електронских наставних објеката

5.1. Примери електронских наставних објеката у форми видео запис

Редни број	Назив наставних објеката у форми видео записа	Страна
1.	Кружно кретање	49
2.	Вода се не просипа	50
3.	Флипер	51
4.	Новчић и чаша	52
5.	Чаша и вода	53
6.	Реактивна кола	54
7.	Правна линија	55

Табела 1 . Мета подаци за описивање електронског наставног објекта под називом „Кружно кретање“

Назив објекта	Кружно кретање
Аутори	Видео запис
Власник/Издавач	Богдан Богдановић; Немања Тодоровић
Опис	ПМФ, Нови Сад
Језик	У упуству је дата класификација експеримената по наставној јединици, наставним исходима; дат је опис експеримената и начин за његово извођење.
Датум израде	Српски
Услови дистрибуције	Октобар 2013
Формат	Доступно наставницима и студентима на ПМФ-у ,користи се методику наставе физике, искључиво у образовне сврхе
Величина	Windows Media Audio/ Video file
	1.2 MB



Кадрови из видео записа „Кружно кретање“

Табела 2 . Мета подаци за описивање електронског наставног објекта под називом
„Вода се не просипа“

Назив објекта	Вода се не просипа
Тип објекта	Видео запис
Аутори	Богдан Богдановић; Немања Тодоровић
Власник/Издавач	ПМФ, Нови Сад
Опис	У упуству је дата класификација експеримената по наставној јединици, наставним исходима; дат је опис експеримената и начин за његово извођење.
Језик	Српски
Датум израде	Октобар 2013
Услови дистрибуције	Доступно наставницима и студентима на ПМФ-у ,користи се методiku наставе физике, искључиво у образовне сврхе
Формат	Windows Media Audio/ Video file
Величина	4.3 MB



Кадрови из видео записа „Вода се не просипа“

Табела 3 . Мета подаци за описивање електронског наставног објекта под називом „Флипер“

Назив објекта	Флипер
Тип објекта	Видео запис
Аутори	Богдан Богдановић; Немања Тодоровић
Власник/Издавач	ПМФ, Нови Сад
Опис	У упуству је дата класификација експеримената по наставној јединици, наставним исходима; дат је опис експеримената и начин за његово извођење.
Језик	Српски
Датум израде	Октобар 2013
Услови дистрибуције	Доступно наставницима и студентима на ПМФ-у ,користи се методику наставе физике, искључиво у образовне сврхе
Формат	Windows Media Audio/ Video file
Величина	3.7 MB



Кадрови из видео записа „Флипер“

Табела 4. Мета подаци за описивање електронског наставног објекта под називом „Гумица и чаша“

Назив објекта	Гумица и чаша
Тип објекта	Видео запис
Аутори	Богдан Богдановић; Немања Тодоровић
Власник/Издавач	ПМФ, Нови Сад
Опис	У упуству је дата класификација експеримената по наставној јединици, наставним исходима; дат је опис експеримената и начин за његово извођење.
Језик	Српски
Датум израде	Октобар 2013
Услови дистрибуције	Доступно наставницима и студентима на ПМФ-у, користи се методiku наставе физике, искључиво у образовне сврхе
Формат	Windows Media Audio/ Video file
Величина	2.5 MB



Кадрови из видео записа „Гумица и чаша“

Табела 5 . Мета подаци за описивање електронског наставног објекта под називом „Чаша и вода“

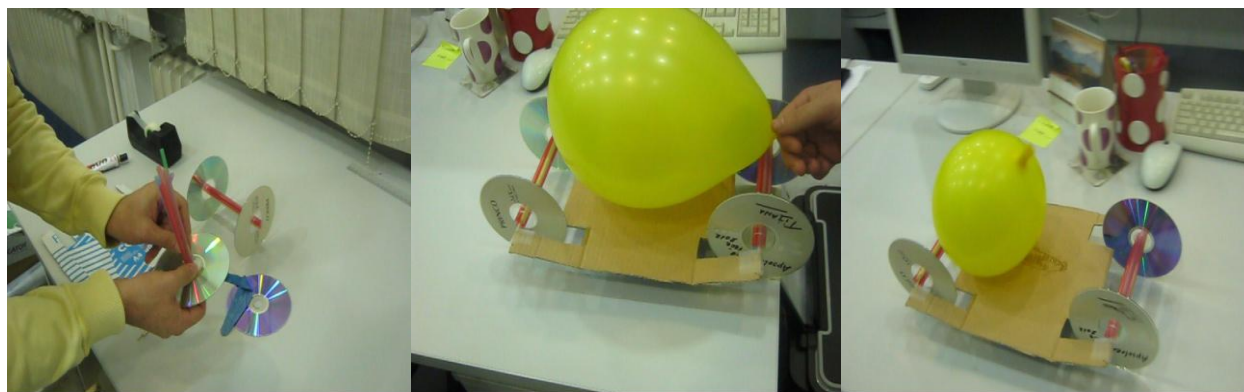
Назив објекта	Чаша и вода
Тип објекта	Видео запис
Аутори	Богдан Богдановић; Немања Тодоровић
Власник/Издавач	ПМФ, Нови Сад
Опис	У упуству је дата класификација експеримената по наставној јединици, наставним исходима; дат је опис експеримената и начин за његово извођење.
Језик	Српски
Датум израде	Октобар 2013
Услови дистрибуције	Доступно наставницима и студентима на ПМФ-у ,користи се методику наставе физике, искључиво у образовне сврхе
Формат	Windows Media Audio/ Video file
Величина	2.7 MB



Кадрови из видео записа „Чаша и вода“

Табела 6 . Мета подаци за описивање електронског наставног објекта под називом „Реактивна кола“

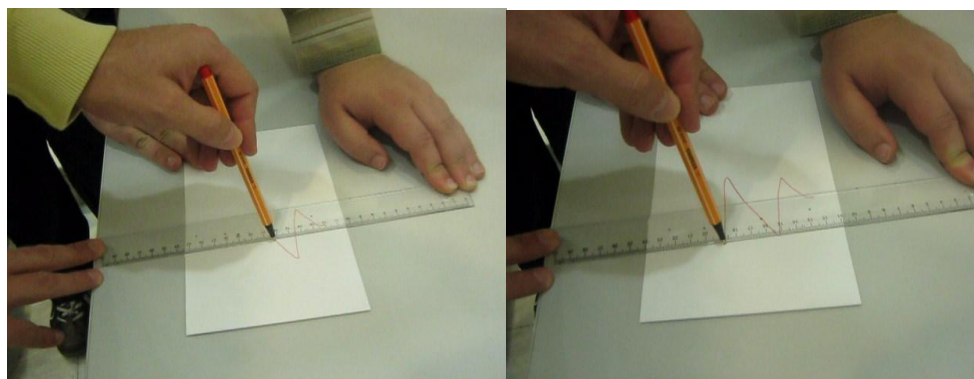
Назив објекта	Реактивна кола
Тип објекта	Видео запис
Аутори	Богдан Богдановић; Немања Тодоровић
Власник/Издавач	ПМФ, Нови Сад
Опис	У упуству је дата класификација експеримената по наставној јединици, наставним исходима; дат је опис експеримената и начин за његово извођење.
Језик	Српски
Датум израде	Октобар 2013
Услови дистрибуције	Доступно наставницима и студентима на ПМФ-у ,користи се методику наставе физике, искључиво у образовне сврхе
Формат	Windows Media Audio/ Video file
Величина	10.6 MB



Кадрови из видео записа „Реактивна кола“

Табела 7. Мета подаци за описивање електронског наставног објекта под називом „Права линија“

Назив објекта	Права линија
Тип објекта	Видео запис
Аутори	Богдан Богдановић; Немања Тодоровић
Власник/Издавач	ПМФ, Нови Сад
Опис	У упуству је дата класификација експеримената по наставној јединици, наставним исходима; дат је опис експеримената и начин за његово извођење.
Језик	Српски
Датум израде	Октобар 2013
Услови дистрибуције	Доступно наставницима и студентима на ПМФ-у ,користи се методику наставе физике, искључиво у образовне сврхе
Формат	Windows Media Audio/ Video file
Величина	2.2 MB



Кадрови из видео записа „Права линија“

5.2. Примери електронских наставних објеката у форми упутстава за извођење једноставних експеримената

Редни број	Методичка упутства за извођење огледа	Страна
1.	Кружно кретање	57
2.	Вода се не просипа	58
3.	Флипер	59
4.	Гумица и чаша	60
5.	Чаша и вода	61
6.	Реактивна кола	62
7.	Правна линија	64

Табела 8. Објекат учења - упуство за извиђење једноставног експеримента „Кружно кретање“

Кружно кретање

Исход експеримента:

Развити код ученика способност логичког мишљења и закључивања, као и објективно процењивање властитих способности путем експеримената. Упознати ученика са појавама и законитостима којима се човек служи за унапређење живота.

Потребан прибор:

канап, лоптица, динамометар

Поступак:

Причврстити један крај канапа за куглицу, а други крај канапа за динамометар. Узети динамометар и завртети лоптицу. Вртети лоптицу брже и спорије и посматрати шта се дешава.

Запажања:

Што се брже врти лоптица то она више повећава полупречник кружнице коју описује при ротацији.

Објашњење:

На обе куглице (у инерцијалном систему референције) делују сила затезања конца и сила Земљине теже. Ако се посматра куглица која се обрће – сила затезања конца има улогу центрипеталне силе која је приморава да се креће по кружној путањи. Центрипетална сила је дата изразом $F_{cp} = m\omega^2 r$. Када се повећава угаона брзина обртања куглице (ω) повећава се интензитет центрипеталне силе неопходне да обезбеди њено кружно кретање, а пошто је сила теже која делује на доњу куглицу уравнотежавала силу затезања, куглица која се обрће, услед тога што је $T < F_{cp}$ (T - сила затезања), крећући се по инерцији повећава r . На исти начин може се објаснити то што се када се спорије обрће куглица полупречник кружнице коју она описује смањује.

Табела 9. Објекат учења - упуство за извиђање једноставног експеримента „Вода се не просипа“

Вода се не просипа

Исход огледа:

Развити код ученика способност логичког мишљења и закључивања, као и објективно процењивање властитих способности путем експеримената. Упознати ученика са појавама и законитостима којима се човек служи за унапређење живота.

Потребан прибор:

Кантица, вода

Поступак:

У кантицу сипати воду и завртети је тако да ротира у вертикалној равни

Запажања:

Вода из кантице се не просипа ни када је она у највишој тачки окренута наопако.

Објашњење:

Води је саопштена брзина и центрипетална сила (убрзање). Вода би се по инерцији кретала праволинијски да не постоји центрипетална сила која је приморава да се креће по кружници. У свакој тачки на тој кружници вода има тангенцијалну брзину. Њен правац је тангента на кружницу коју описује, док кантица мења правац те брзине. Када је кантица на врху, окренута наопако, вода се и даље креће у првобитном правцу, док не буде скренута са тог правца деловањем зидова суда.

У неинерцијалном референтном систему везаном за кантицу, то што се вода не просипа може се објаснити дејством псеудогравитације (центрифугалног убрзања) која је супротно усмерена од праве гравитације, па поништава њено дејство.

Табела 10. Објект учења - упуство за извиђење једноставног експеримента „Флипер“

Флипер
Исход огледа: Развити код ученика способност логичког мишљења и закључивања, као и објективно процењивање властитих способности путем експеримената. Упознати ученика са појавама и законитостима којима се човек служи за унапређење живота. Потребан прибор: Куглице истих димензија различитих супстанција (стакло и гвожђе), даска са жљебом, две опруге и потезач, хронометар, метар. Поступак: Као што се види на сликама и стаклени кликер постави се на одређено место, затим се затезачем ударна дашчица помери уназад. Ако желимо да делујемо силом истог интензитета, увек је постављамо до одређене, обележене границе. Пуштамо затезач и пратимо кретање кликера. Исти поступак се понови са гвозденим кликером. Упоредимо дужину пређеног пута и време кретања стакленог и гвозденог кликера. Ако претимо дејство сила различитих интензитета (F, $2F$, $3F...$) на једно исто тело, онда затезач више затежемо, до одређених граница, и увек делујемо на исту куглицу. Запажања: Тела која имају већу инертност, односно већу масу, добиће мање убрзање при дејству исте силе, од тела која имају мању инертност. Објашњење: У овом експерименту дејство силе трења не можемо занемарити, па ће се куглица после неког времена зауставити. Пратићемо пређени пут, време кретања кликера и процењујемо промену брзине. На основу података из прве табеле, можемо видети да дејством силе истог интензитета различита тела прелазе различите путеве, то јест имају различиту промену брзине. Значи: Под дејством силе истог интензитета различита тела добијају и различита убрзања то јест тела имају различиту инертност. Промена брзине, односно убрзања, обрнуто је сразмерна маси куглица. Ако делујемо на гвоздену куглицу силама интензитета F, $2F$, $3F$, примећујемо да се путеви разликују то јест да се повећавају, као времена кретања куглице а тиме и промена брзине.

Табела 11. Објекат учења - упуство за извиђење једноставног експеримента „Гумица и чаша“

Гумица и чаша

Исход огледа:

Развити код ученика способност логичког мишљења и закључивања, као и објективно процењивање властитих способности путем експеримената. Упознати ученика са појавама и законитостима којима се човек служи за унапређење живота.

Потребан прибор:

Чаша, лист, гумица

Поступак:

Папир се постави на чашу и на њему гумица. Након тога, повлачимо папир полако и запажамо шта се дешава, и потом нагло и посматрамо шта се дешава.

Запажања:

Тело тежи да задржи првобитно стање, стање мировања и зато упадне у чашу.

Објашњење:

Уколико је сила која делује у хоризонталном правцу на подлогу новчића исувише мала, не долази до проклизања између гумице и подлоге, сила која тежи да задржи гумицу у првобитном положају је мања од силе трења између тела и подлоге. Тако да се услед трења гумица креће заједно са подлогом.

Наглим повлачењем картона у хоризонталној равни, гумица се опире промени првобитног стања, стања мировања. У овом случају сила тежи да задржи тело у првобитном стању, стању мировања је већа од силе трења између гумице и подлоге, те долази до проклизавања. Наглим измицањем подлоге, гумица услед гравитационог деловања пада у чашу.

Табела 12. Објект учeња - упуство за извиђeње једноставног експеримента „Чаша и вода“

Чаша и вода

Исход огледа:

Развити код ученика способност логичког мишљења и закључивања, као и објективно процењивање властитих способности путем експеримената. Упознати ученика са појавама и законитостима којима се човек служи за унапређење живота.

Потребан прибор:

Чаша, папир, вода

Поступак:

Поставити чашу са водом на лист папира који се налази на столу. Затим нагло извући папир – трзајем и посматрати шта се догађа, исто то урадити али при равномерном кретању папира. Посматрати шта се дешава.

Запажање:

Вода у чаши тежи да задржи првобитно стање

Објашњење:

При равномерном кретању чаше са водом и њеним наглим заустављањем, вода се пролива у смеру кретања чаше. Наглим извлачењем папира вода се не пролива.

Табела 13. Објекат учења - упуство за извиђење једноставног експеримента „Реактивна кола“

Реактивна кола

Исход огледа:

Развити код ученика способност логичког мишљења и закључивања, као и објективно процењивање властитих способности путем експеримената. Упознати ученика са појавама и законитостима којима се човек служи за унапређење живота.

Потребан прибор:

балон, неколико сламчица, четири CD-а, катрон, штипаљка, лепак.

Поступак:

Корз CD-ове провучемо сламчице, затим их налепимо на катрон који смо претходно исекли и припремили. На картон ставимо мало лека, затим напумпамо балон и отвор стегнемо штипаљком прстима.

Запажање:

Покретање балона и самих кола врши реакција ваздуха који делује унапред и потискује балон.

Излазак гасова врши се континуално са сталном брзином v_v . Сила F која потискује кола унапред је према другом Њутновом закону :

$$F = \frac{\Delta(m_v p_v)}{\Delta(t)} = \frac{\Delta m_v}{\Delta} v_v$$

Погонска сила кола зависи од количине избаченог ваздуха у јединици времена и од брзине изласка ваздуха

Објашњење:

Реактивно кретање се остварује на тај начин што се из балона избацује ваздух у једном смеру, а балон тада добија брзину у супротном смеру.

$$p_v = p_b$$

$$m_v v_v = m_b v_b$$

где је: p_v - импулс ваздуха, m_v - маса ваздуха, v_v - брзина ваздуха, p_b – импулс балона, m_b - маса балона и кола, v_b - брзина балона и кола. Погонско гориво је ваздух. Брзина балона и кола након избацивања ваздуха је:

$$v_b = \frac{m_v}{m_b} v_v$$

Величина брзине истицања ваздуха v_v из балона, у коме влада неки притисак p_1 и ако је спољашњи притисак p_{at} (нормални атмосферски притисак) , уз услов да је $p_1 > p_{at}$, добија се применом Бернулијеве једначине:

$$v_v = \sqrt{\frac{2(p_1 - p_{at})}{\rho_v}}$$

Притисак p_1 може да се одреди помоћу Бојл –Мариотовог закона, где је ρ_v (густина ваздуха)= 1,293 kg/m³.

Заменом v_v у израз за v_b добија се израз за брзину балона и кола.

Табела 14. Објекат учења - упуство за извиђење једноставног експеримента „Правна линија“

„Правна“ линија

Исход огледа:

Развити код ученика способност логичког мишљења и закључивања, као и објективно процењивање властитих способности путем експеримената. Упознати ученика са појавама и законитостима којима се човек служи за унапређење живота.

Потребан прибор:

лист папира, оловка, дужи лењир

Поступак:

Нацртати једну дуж (праву линију) паралелну ивици стола, док неко помера лист папира на коме се црта. Лењир треба да буде дужи да би се његови крајеви могли држати притиснути на површини стола, не на листу папира, да би се лист испод лењира могао померати.

Запажање:

Описана је нека криволинијска путања. У односу на сто кретање врха оловке је било праволинијско, а у односу на папир, као што се на основу трага оловке види, криволинијско.

Објашњење:

Врх оловке није исту путању описао на папиру коју је описао у односу на сто јер се лист папира у односу на сто кретао – папир и површина стола су два различита система референције

ЗАКЉУЧАК

У савременом друштву, знање постаје један од значајних фактора друштвеног развоја и изузетно важан развојни ресурс. Као значајан развојни ресурс, знање ће имати одлучујућу улогу не само за напредак цивилизације уопште, него и за напредак сваког појединца. Свет је у овом веку суочен са брзим развојем науке, па се у савременој технологији и педагогији поставља проблем преиспитивања улоге и значаја знања у образовању.

Најновија истраживања у свету показују да су компјутери ефикасна наставна средства која омогућавају контролу, регулисање и управљање наставом и учењем путем сталне повратне везе која има снажну мотивациону моћ и која представља основу система вредновања и праведног оцењивања рада ученика. Компјутерски уређаји омогућавају сасвим нову организацију наставно-васпитног рада, примерену индивидуалним способностима и интересовањима ученика, затим осигуравају бржу и ефикаснију емисију, трансмисију и апсорпцију знања.

Образовање информационе ере, уз коришћење нових технологија, подразумева и промене у организацији рада, наставним облицима и методама како би се превазишли недостаци традиционалне наставе и образовни процес подигао на виши, квалитетнији ниво.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Наташа Ђалуковић, *Физика за први разред математичке гимназије*, Круг, Београд, 2010.
- [2] Душанка Ж. Обадовић, И. Ранчић: “Једноставни експерименти за предмет савремене методе у настави физике”, ауторизована скрипта, Нови Сад, 2011/2012
- [3] Слободан Попов, Стипан Јукић, *Педагогија*, Нови Сад, 2006.
- [4] Милан О. Распоповић, *Методика наставе физике*, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 1992.
- [5] Душанка Ж. Обадовић: “Једноставни експерименти у настави физике”, Нови Сад, 2006/2007
- [6] Електронско учење, приручник за наставнике, Београд, 2010
- [7] Мила Надрљански, *Учење у електронском окружењу – е леарнинг нека концептуална питања*, поморски факултет, Свеучилиште у Сплиту
- [8] Данијела Милошевић, *Примена e-learning стандарда у развоју едукативних система на web-у*, Технички факултет чачак
- [9] <http://www.walter-fendt.de/ph14yu/>
- [10] <http://klikdoznanja.edu.rs/index.php/prirodne/fizika>
- [11] <http://phet.colorado.edu/sr/get-phet/one-at-a-time>
- [12] <http://www.microsoft.com/serbia/obrazovanje/pil/casopis/default.mspix>
- [13] http://www.lugram.net/e_ucenje/predn_nedost.html
- [14] <http://www.microsoft.com/serbia/obrazovanje/pil/materijali/racunar.mspix>
- [15] <http://ftp.ihmc.us/>
- [16] <http://www.link-elearning.com>
- [17] <http://pil.elfak.rs/>

БИОГРАФИЈА

Немања Тодоровић, рођен је 01.09.1987. године, у Кикинди. Основну школу је завршио у Новим Козарцима, након чега је уписао електротехничку школу „Михајло Пупин“ у Новом Саду. Након завршене средње школе, 2006 године, уписао је медицинску физику на Природно-математичком факултету Универзитета у Новом Саду. Након завршених студија првог степена уписује мастер студије на катедри за општу физику и методику наставе физике које завршава 2013 године.



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ

ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije:

Монографска документација

TD

Tip zapisa:

Текстуални штампани материјал

TZ

Vrsta rada:

Мастер рад

VR

Autor:

Немања Тодоровић

AU

Mentor:

Др Соња Скубан

MN

Naslov rada:

Примена електронског наставног материјала у обради теме „Сила“ у гимназији

NR

Jezik publikacije:

Српски (ћирилица)

JP

Jezik izvoda:

српски/енглески

JI

Zemlja publikovanja:

Србија

ZP

Uže geografsko područje:

Војводина

UGP

Godina:

2013

GO

Izdavač:

Ауторски репринт

IZ

Mesto i adresa:

Природно-математички факултет, Трг Доситеја Обрадовица 4, Нови Сад

MA

Fizički opis rada:

(5/71/17/14/22/0/0)

FO

Naučna oblast:

Физика

NO

Naučna disciplina:

Физика-наставни

ND

Predmetna odrednica/ ključne reči:

Електронско учење, концептне мапе, узајамно деловање тела, инерцијалне силе...

PO

UDK

<i>Čuva se:</i> ČU	Библиотека департмана за физику, ПМФ-а у Новом Саду
<i>Važna napomena:</i> VN	Нема
<i>Izvod:</i> IZ	У овом раду, поред теоријског објашњења узајамног деловања тела и референтних система приказани су и једноставни експерименти, који омогућавају ученицима да на лак и једноставан начин разумеју основе узајамног деловања тела и референтних система.
<i>Datum prihvatanja teme od NN veća:</i> DP	16.10.2013.
<i>Datum odbrane:</i> DO	24.10.2013.
<i>Članovi komisije:</i> KO	
<i>Predsednik:</i>	др Маја Стојановић, ванредни професор
<i>član:</i>	др Имре Гут, ванредни професор
<i>član:</i>	др Соња Скубан, ванредни професор

UNIVERSITY OF NOVI SAD

FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type:

Monograph publication

DT

Type of record:

Textual printed material

TR

Content code:

Final paper

CC

Author:

Nemanja Todorović

AU

Mentor/comentor:

Ph.D. Sonja Skuban

MN

Title:

E-learning material in elaboration of the topic “Force” in grammar schools

TI

Language of text:

Serbian

LT

Language of abstract:

English

LA

Country of publication:

Serbia

CP

Locality of publication:

Vojvodina

LP

Publication year:

2013

PY

Publisher:

Author's reprint

PU

Publication place:

Faculty of Science and Mathematics, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

PP

Physical description:

(5/71/17/14/22/0/0)

PD

Scientific field:

Physics

SF

Scientific discipline:

Physics-teaching

SD

<i>Subject/ Key words:</i> SKW UC	E-learning, concept maps, the force, the interaction between the body, the inertial force ...
<i>Holding data:</i> HD	Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4
<i>Note:</i> N	None
<i>Abstract:</i> AB	In this paper except theoretical explanation of interaction and reference systems we are presented simple experiments that allow students to understand the basics of interactions and reference systems, simple and easy.
<i>Accepted by the Scientific Board:</i> ASB	16.10.2013
<i>Defended on:</i> DE	24.10.2013
<i>Thesis defend board:</i> DB	
<i>President:</i>	dr Maja Stojanović, associate professor
<i>Member:</i>	dr Imre Gut ,assistant professor
<i>Member:</i>	dr Sonja Skuban, associate professor