



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО – МАТЕМАТИЧКИ
ФАКУЛТЕТ
ДЕПАРТМАН ЗА ФИЗИКУ



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ПРИМЉЕНО: 28 АРГ 2007	
ОРГАНИЗ.ЈЕД.	БРОЈ
0603	3 / 797

ДЕМОНСТРАЦИОНИ ОГЛЕДИ У ОБРАДИ ТЕМЕ
„ЗАКОН ИНЕРЦИЈЕ”

- дипломски рад -

Ментор:

Др Душанка Обадовић, ред. проф.

Кандидат:

Бранко Богосављевић

Нови Сад, 2007.

Демонстрациони огледи у обради теме „Закон инерције”

Захваљујем се Др. Душанки Обадовић, редовном професору, за предложену тему, корисне сугестије и примедбе током израде овог рада.

Такође захваљујем Др. Милану Пантић, ванредном професору, за корисне сугестије и примедбе током израде овог рада.



САДРЖАЈ

1. Увод.....	4
1.1. Развој физике.....	4
1.2. Демонстрациони огледи.....	5
2. Историјски развој-инерција.....	6
2.1. Аристотел.....	6
2.2. Галилео Галилеј.....	7
2.3. Рене Декарт.....	8
2.3.1. Закони кретања.....	9
2.3.2. Закони судара.....	10
2.4. Исак Њутн.....	11
3. Закони динамике.....	11
3.1. Први Њутнов закин: Закон инерције.....	12
3.2. Други Њутнов закон.....	13
3.3. Трећи Њутнов закон.....	13
3.4. Четврти закон.....	13
4. Инерција.....	14
4.1. Први принцип инерције.....	14
4.2. Инерција-тромост.....	16
4.3. Инерцијални систем референције.....	17
4.4. Галилејев принцип релативности кретања.....	20
4.5. Неинерцијални систем референције.....	21
5. Обрада наставне јединице - Закон инерције.....	23
5.1. Ток часа једноставни огледи	23
5.2. Једноставни огледи изведени на часу.....	25
5.2.1. Новчић и чаша.....	25
5.2.2. Кидање конца између два тега.....	27
5.2.3. Кидање конца.....	29
5.2.4. Куглица и чаша.....	30
5.2.5. Цилиндар на колицима.....	32
5.2.6. Извлачење књиге из гомиле књига.....	33
5.2.7. Избацивање блока.....	34
5.2.8. Навлачење чекића на држач.....	35
5.2.9. Извадити или ставити нож у столарско ренде.....	37
5.2.10. Извадити папир испод чаше а да се вода не пролије.....	38
6. Маса.....	39
7. Динамометар у инерцијалном и неинерцијалном систему.....	41
8. Закључак.....	42
9. Литература.....	43
10. Биографија.....	44
11. Кључна документација информација.....	45

1. УВОД

1.1. Развој физике

Физика (грчки: *φύσις*, *phusis*: природа) је природна наука која проучава природу у најширем смислу. Лет птица или авиона, путовање бродова на води или свемирских бродова, пливање риба или подморница, судари аутомобила или честица, кретање јабука или планета, састав и структура галаксија, звезда, планета, свега што нас окружује – од кваркова до квазара, па чак и сам настанак и судбина Универзума, све то проучава физика.

У савременом свету све физичке теорије се најчешће изражавају као математичке формуле, али, као што је рекао Ајнштајн, суштина сваке теорије није у формулама већ у идеји.

Од давнина човек се интересовао за свет у коме је живео. Људи су покушавали да схвате процесе који су се око њих дешавали, да их опишу и предвиде. Прва „мета“ људске радозналости биле су ствари у непосредној близини – зашто ствари падају на земљу ако немају ослонац, која су сличности, а које разлике између леда, дрвета, воде и ваздуха итд. Како је све више успевао да разуме свакодневни свет човек је почео да размишља и о природи свемира, облику Земље, кретању Сунца и Месеца. Било је много теорија које су покушале да објасне те појаве, али све оне су то радиле на мање или више погрешан начин. Међутим, без обзира на нетачност тих теорија, оне су ипак дале огроман допринос даљем развоју физике и људског друштва уопште.

Историја науке обично почињу са Талесом из Милета, који је постао славан након што је успешно предвидео помрачење Сунца 585. године пре нове ере. Он је био први који је покуша да објасни природу на научан начин.

Тешко је издвојити најважније идеје из тог најранијег периода али сигурно треба поменути учења Питагорејаца о томе да је Земља округла (500. г.п.н.е), Анаксагоре да су Сунце, Месец и звезде састављене од истог материјала као и Земља, са том разликом да су стене на Сунцу усијане (470. г.п.н.е), Демокрита који је схватио да се Млечни пут састоји од много звезда (385. г.п.н.е) и наравно Аристотелових првих закона физике о кретању тела.

Након Аристотела све до седамнаестог века није било неких већих догађаја на пољу физике, а у том веку Галилео Галилеј својим открићима створио је физику коју данас познајемо. Галилеј је сумњао у законе које је поставио Аристотел, али што је још важније он је сумњао у метод истраживања, који је до тада примењиван. За разлику од Аристотела и његових следбеника, који су сматрали да се природа може описати само размишљањем, Галилеј је почео да проверава закључке до којих се дошло размишљањем.

1.2. Демонстрациони огледи

Показивање физичких појава, процеса, законитости или објеката и начина њиховог рада назива се демонстрационим огледом. С обзиром да ову врсту школског експеримента углавном изводи наставник, у дефинисању демонстрационог експеримента наглашава се да је он један вид изражавања наставника. Данас се сматра да је веома корисно да у извођењу демонстрационих огледа на одређен начин учествују и ученици. Од изузетног је значаја омогућити сваком ученику да самостално демонстрира физичку појаву која се проучава.

Извођењем демонстрационих огледа ученици:

- уче да правилно посматрају физичке појаве;
- упознају методе и основне поступе експерименталног рада;
- упознау многа техничка средства, апарате, инструменте и сл.;
- стичу навикау и умеће експериментисања.

Основни захтеви који морају бити испуњени да би демонстрациони оглед био правилно изведен су:

- а) научна заснованост извођења и интерпретације;
- б) примереност садржаја и поступка извођења огледа психофизичким способностима ученика;
- в) безбедност извођења огледа.

Прва два захтева су у складу са дидактичким принципима. Безбедност, као захтев о коме сваки наставник строго мора водити рачуна, постоји зато што се у експериментима из физике користе разни материјали, топлотни, електрични, светлосни и други извори. При непажљивом руковању или нестручној употреби средстава могућа су не само оштећења опреме него самих реализатора огледа, наставника и ученика. Ефекти примене демонстрационих огледа у настави физике не могу се очекивати уколико нема одговарајуће методике и технике њиховог извођења. Методиком се обезбеђује остваривање принципа систематичности научности, а техником потребна очигледност. Ако се наставник прдржава основних елемената који карактеришу научна истраживања: *хипотеза, експеримент, приказ резултата, закључак и кључне речи*, онда једноставни експеримент постаје незаменљив на свим нивоима образовања, из простог разлога што је њихово извођење доступно свим ученицима. Свако може да на простом примеру не само упозна, демонстрира и представи неку физичку појаву, него да и усвоји концепт научног мишљења и анализе ситуације на најједноставнији могући начин. Најснажније објашњење уопште било ког експерименталног рада, садржано је у делу старе кинеске изреке која гласи:

“Оно што урадим разумем”.

Једном речју Галилеј је увео експеримент у физику. Израз „демонстрација” има два основна значаја: доказати и показати, а у грчком оригиналу (*anodeixic*) још и објаснити. Галилеј га тако схвата и под демонстрацијом подразумева и објашњење. Колико год нека истраживања делова „бесмислена“, са практичне стране, никада се не

зна шта од неке теорије или из истраживања може да настане и какву ће примену она имати у будућности.

2. ИСТОРИЈСКИ РАЗВОЈ - ИНЕРЦИЈА

2.1. Аристотел

Аристотел (грчки: *Αρχιμης*, 287. п.н.е. - 212. п.н.е.) је рођен у Стагири, у то доба привилегованој породици. Његов отац био је лични лекар деде Александра Великог, а сам Александар Велики био је његов ученик. Аристотел је био далеко најутицајнији стари филозоф науке, његова дела су врло опширна и добро организована. У ствари, много од тога што знамо о ранијим грчким филозофима до нас је стигло преко Аристотела.

Аристотел је био убеђен да је до свих закона који управљају Природом могуће доћи само размишљањем, а изведене закључке није било потребно проверавати посматрањима, тј. експериментално. У својој књизи "На небесима" Аристотел наводи два аргумента на основу којих је закључио да Земља није равна плоча већ да је облика лопте. Први разлог таквог његовог убеђења било је то што је утврдио да до помрачења Месеца долази онда кад се Земља нађе између Месеца и Сунца. Земљина сенка на Месецу увек је била кружна, што једино може да се догоди онда када је Земља лопта. Ако би Земља била раван диск сенка на Месецу била би издуженог облика, налик елипси, осим у случају ако се Сунце у тренутку помрачења налазило тачно испод центра диска. Други разлог био је тај што су Грци са својим путовања знали да се "Северна звезда" појављује ниже на небу, ако се посматра из јужнијих крајева него кад се посматра из севернијих области. Не само што је сматрао Земљу лоптом Аристотел је чак израчунао и њен обим. На основу привидног положаја Северњаче у Египту и у Грчкој он је одредио да обим Земље износи 400.000 стадија. Није са сигурношћу познато колико износи један стадиј, али сматра се да је њега дужина отприлике 200 јарди, тј. обим Земље који је Аристотел израчунао био је 73.000 km – два пута више него права вредност. Аристотел је поставио и неке основне законе кретања, али он те законе није поставио на начин како се то данас ради, коришћењем математичких формула, већ је он своје идеје и законе изложио обичним језиком којим су говорили сви људи. Аристотелови закони физике гласе:

Први закон –Аристотелов закон инерције:

Свако тело на које не делује никаква сила налази се у стању апсолутног мировања.

Други закон- Аристотелов закон кретања:

Сила је пропорционална брзини.

Трећи закон- Аристотелов закон:

Тежа тела падају брже него лакша тела.

Аристотел је сматрао да дата маса пређе одређено растојање за неки одређени временски интервал, а да ако би та маса била већа она би то исто растојање прешла за краће време, односно да је време обрнуто пропорционално маси. У Аристотеловим учењима такође стоји да је природно стање тела стање мировања. Сва тела мирују док их нека сила не примора да то стање промене (Аристотел појам силе не користи у нама познатом значењу, као интеракцију између тела, већ он сматра да је сила тежња неког тела ка свом "природном" стању). Према Аристотеловим законима тежа тела падају брже него лакша због тога што она имају већу тежњу природном положају, већу тежњу ка земљ. Лако се закључује да је у грчком "Универзуму" све тежило ка савршенству, ка некој статичности.

У доба Аристотела, а и вековима касније, Аристотелови закони су били неприкосновени. Нико није сумњао у њихову исправност, нити је неком падало на памет да проба да провери ове законе физике. Када се први пут јавила сумња у исправност Аристотеловог учења, и када је неко по први пут у проучавању света употребио експеримент, ствари су кренуле наопако за Аристотела.

2.2. Галилео Галилеј

Галилео Галилеј (*Галилео Галилеи*, 1564 - 1642), италијански астроном, физичар, математичар и филозоф природе, чија су истраживања поставила темеље модерној механици и физици, рођен је у Пизи. Углавном је образован у манастиру Валоμβроза поред Фиренце, а на универзитету у Пизи студирао је од 1581. до 1585. године. Убрзо после тога, неко време је предавао на фирентинској Академији. На универзитету у Пизи је предавао математику од 1592. до 1610. Био је филозоф и математичар код великог тосканског војводе од 1610. па до краја свог живота.

Главни списи:

Истраживач, 1623;

Дијалог о два главна светска система, 1632;

Дијалози о две нове науке, 1636.

(1) Од Галилејевих научних открића ваљало би споменути следећа: изохронизам клатна, 1581; хидростатичку вагу, 1586; принципе динамике, 1581-91; пропорционални компас и термометар, 1597. Иако није био проналазач телескопа, много је допринео његовом усавршавању, и зато је био у стању да опише планине на Месецу, Млечни пут као огромну констелацију звезда, Јупитерове сателите, Венерине мене и такозване Сунчеве пеге. Ова открића су се десила између 1609. и 1613. године, при чему су Јупитерови прстенови оставили најјачи утисак на јавност, и доживљени су као драматични доказ нове астрономије. Године 1637, само неколико месеци пре него што

је ослепео, Галилеј је описао дневну либрацију Месеца. Када је ослепео, развио је теорију о употреби клатна у сату.

(2) Међузависност кретања и силе, и непроменљивост узрочно-последичних односа која из тога следи, увела је потпуно нову менталну перспективу гледања на свет — перспективу нове филозофије која је почела да се развија. Да су сва тела тешка, да је тежина континуирана сила привлачења према центру Земље, да би у вакууму сва тела падала једнаком брзином, да инерција повлачи истрајавање и у кретању и у мировању, да звезде и планете нису мање пропадљиве од Земље, те да треба користити појмове који су одлучиви - то је био пут ка будућности. Методолошки гледано, Галилеј је повезао емпиријска и формална разматрања, и математику учинио применљивом на проблеме са којима се сусретао. Комбинација експеримента и прорачуна давала је резултате који су могли да потврђују или обарају теорије.

(3) У општој филозофији, Галилеј је сматрао да је атомизам у складу са споменутим процедурама. Наглашавајући квантитативне аспекте природе, Галилеј је повукао разлику између примарних и секундарних својстава коју ми данас приписујемо Локу. Објективност мерљивог и субјективност немерљивог, које је Галилеј моћно оживео, остали су стандардни и практично необориви појмови.

2.3. Рене Декарт

Декарт (лат. *Renatus des Cartes*, 1596-1651) је кључна фигура на почетку модерне филозофије. У модерно време, од 17. века, каже се да на филозофску сцену ступа субјект, што је филозофско име за појединца који жели да сам буде незаобилазан фактор у питањима истине. Он мисли да, ако нешто треба да буде истинито или добро, он сам мора да се увери да је то тако. Он верује да свако поседује "природно светло разума", односно "урођене идеје" помоћу којих може доћи до сигурних истина. Међутим, то не значи да увек и долази. Напротив, Декарт је био дубоко незадовољан знањима која је примио кроз схоластичку филозофију. Због тога је дошао на идеју да сва њему позната знања) подвргне систематској (методичкој) сумњи, не би ли можда тако нашао у шта се не може сумњати. У потрази за примером сигурне истине, Декарт се, дакле, пита: Шта се дешава ако посумњам у оно што сам научио од других, и у оно што ми казују чула, па чак и у математичке истине - шта остаје као истина у коју се не може сумњати? Одговор је био да чак иако сумњам у све, не могу сумњати да постојим ја који сумњам. Ову истину он је изразио у чувеном ставу: Мислим, дакле постојим - *Cogito ergo sum* (латински). Ову истину сазнајем потпуно јасно и разговетно и без помоћи чула. Декарт се бавио потрагом за таквом истином да би добио пример кога треба следити и у сазнању осталих ствари. Тако он установљава четири правила методе којих се треба придржавати у науци:

1. Треба прихватати само оне истине које сазнајемо потпуно јасно и разговетно.
2. Сложеније проблеме треба разложити на једноставне и лакше схватљиве делове.
3. Оно што остане необјашњено треба објаснити помоћу ових простијих ствари.

4. На крају треба још једном прећи цео процес, да би се избегле могуће грешке.

Помоћу ових правила можемо да напредујемо у науци сигурни да долазимо до поузданих знања. Декарт је сматрао да се ова правила успешно примењују у математици, и да њене методе треба проширити ка осталим наукама. По Декарту свет је подељен на две супстанције - мисаону и простирућу (материјалну) супстанцију. Оне могу да постоје независно једна од друге. Мисаона супстанција садржи све оно чиме се бавимо кад мислимо, али такође и осећања, хтења и машту. Простирућа супстанција одликује се тиме да заузима простор, има тежину и креће се; у њој такође делују физичке силе. Оваква слика света одговара-ла је механици, науци која је тада била у пуном развоју. Физички свет је требало да буде објашњен једноставним и универзалним законима о кретању чврстих тела, а не безбројним и различитим унутрашњим формама које је претпостављао Аристотел. Тај свет се у свом функционисању не обазире на наше жеље. Зато испитивање аристотеловских сврха треба искључити из науке. Тела се напросто понашају према законима природе, не желећи тиме да постигну никакву сврху. О људским сврхама треба да брине сам човек, мењајући свет око себе.

Изнећемо укратко Декартов дедуктивни систем, од полазних пропозиција до примена у механици. То он назива принципима филозофије.

2.3.1. Закони кретања

„Из тога што Бог није подложен промени и увек делује на исти начин може се стићи до сазнања неких правила која зовемо законима кретања...”

Први закон је да свака посебна ствар остаје у стању у коме се налази све док може и она га никад не мења док не сусретне друго... Ако мирује, тело не почиње да се креће само од себе... ако тело почне једном да се креће, треба закључити да наставља са кретањем и никад се само од себе не зауставља.

Други закон који примећујем у природи је да сваки посебни део материје никад не тежи да се креће по кривој линији, већ дуж правих... Ово правило, као и предходно, проиходи из непроменљивости Бога, који одржава кретање у материји једном једноставном операцијом; јер, он га не одржава како је могло бити неко време пре, већ тачно онако какво је у тренутку кад га одржава.

Треће правило: ако неко тело у кретању које сусретне неко друго, има мање силе да настави да се креће у правој линији, него ово друго да му се опре, оно губи своје „одређење” не губећи ништа од свог кретања, тј. оно одскаче; ако има више силе, оно покреће са собом то друго тело и губи онолико кретања колико му предаје.

Пада у очи до које мере Декард веже законе кретања за Бога. Они не само проиходе од њега већ и делују захваљујући њему, тако да целокупно кретање у васиони, у сваком тренутку, зависи од Бога.

Прва два закона сачињавају *принцип инерције*, који Њутн уводи и у своје законе. Оно што Галилеј није могао да приведе крају, Декарт чини са доста лакоће. Треба учити да он уводи концепт *стања кретања*.

Трећи закон се ослања на принцип инерције и конзервацију кретања, али је формулисан као да следи из посматрања, нема научног садржаја.

Ово што Декарт зове законима кретања прилагођено је његовом схватању кретања као преношење делова материје из једног суседства у друго. Нема квантитативних закона, ништа се не може израчунати нити предвидети, изузев оног што следи из инерције.

2. 3.2. Закони судара

Из предходних принципа Декарт изводи следеће законе:

Ако се два једанка тела В и С, оба савршено тврда, приближе истим брзинама, оба ће се одбити на страну са које су дошли, без губитка брзине.

Ако је В нешто веће од С и приближавају се истим брзинама, само ће мање бито одбијено на страну са које је дошло и обоје ће се кретати ка истој страни.

Ако су В и С једнаки, али брзина В је већа, ма како била мала разлика, онда ће се само С одбити и оба тела ће се кретати на страну са које је С дошло, а В ће пренети на С половину свог вишка брзине.

Ако је мирујуће С, ма колико већа од В, без обзира којом се брзином се В примиче, никад неће имати силу да покрене С, већ ће бити одбијено на страну од које је дошло.

Ако је мирујућа С мања од В, ма како мала била та разлика, В се не може кретати толикоспоро да нема снаге да гурне С испред себе и пренесе онолико кретања колико је потребно да оба наставе истом брзином.

Ако је мирујуће С једнако прилазећем В, онда В треба да пренесе део свог кретања на С и одскочи са остатком; на пример, ако В прилази С са четири степена брзине, пренеће један а са остала три наставиће на страну са које је дошло.

Ако В и С иду у истом правцу са разним брзинама, тако да би тело В прешло С, које је испред њега, В може у удару да пренесе део своје брзине на С да би га гурнуло испред себе, а може се десити да не пренесе ништа, већ се одбије целим својим кретањем на страну са које је дошло...”.

Са изузетком првог, сва остала правила су нетачна. И у првом има, проблема са дефиницијом савршеног тврдог тела. Такво тело не може да има ма какав еластичитет и у сударима два таква тела не може доћи до одбијања. Опис је непотпун, јер се не користи израз правац, већ страна. Ако би се страна изједначила с правцем, били би то

чеони судари који су врло ретки, а ако се под страном узима 360^0 , онда угао остаје неодређен. Један од узрока нетачности је што Декарт узима количину кретања као скаларну величину и не зна да се она конзервира у смеру кретања. Цела формулација нема везе ни са експериментом, ни са математиком.

2.4. Исак Њутн

Исак Њутн (*ser Isaac Newton*, 1643-1727) био је енглески физичар, математичар, астроном, алхемичар и природни филозоф, који је данас за већину људи једна од највећих личности у историји науке. Његова студија Математички принципи филозофије природе (*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*), објављена 1687, која описује универзалну гравитацију и три закона кретања, поставила је темеље класичне (Њутнове) механике и послужила као пример за настанак и развој других модерних физичких теорија. Изводећи из овог свог система Кеплерове законе кретања планета, он је био први који је показао да се кретања тела на Земљи и кретања небеских тела потчињавају истим физичким законима. Уједињујућа и детерминистичка моћ његових закона довела је до револуције у науци и до даљег напретка и уздицања хелиоцентризма. У механици, Њутн је такође указао на један нови, велики, значај принципа одржања импулса и момента импулса. У оптици, он је изумео рефлексион (огледалски) телескоп и открио да се пропуштањем беле светлости кроз стаклену призму она разлаже у спектар свих боја (у складу са тврђењем Роџера Бејкона из 13. века). Њутн се снажно залагао у прилог честичне природе светлости. Он је такође формулисао емпиријски закон хлађења, проучавао брзину звука и предложио теорију о пореклу звезда. У математици, Њутн дели заслуге са Готфридом Лајбницом за откриће инфинитезималног рачуна. Он је такође изложио и уопштену биномску теорему, развијајући на тај начин тзв. “Њутнов метод” за апроксимације нула функције и доприносећи проучавањима разлагања функција у редове.

Француски математичар Жозе-Луј Лагранж често је изјављивао да је Њутн највећи геније који је икада живео, додајући једном да је он, такође, и “најсрећнији, јер се систем света не може открити и установити више него једнога пута”. Енглески песник Александар Поуп (*Александер Попе*), дирнут Њутновим постигнућима, написао је чувени епитаф:

Природа и природни закони у ноћној тами налазе скривеност; Бог рече “Нека буде Њутн” и све постаде светлост.

3. ЗАКОНИ ДИНАМИКЕ

Законе динамике које је установио Исак Њутн, носе његово име. На њих треба гледати као систем узајамно повезаних закона. Њутонови закони су скуп од три основна закона класичне физике. Они описују везу између кретања тела и сила које делују на тело. Објављени су у књизи Математичке основе физике из 1687. године. Ови закони чине темеље класичне механике.

Аристотел и његови следбеници сматрали су силу као разлог кретања тела, ако се прекине деловање силе-прекида се и кретање тела. Сила је неопходна да би се одржавало кретање тела. Када је установљено првим Њутновим законом да је њихово сматрање погрешно. Тако да за одржавање равномерног кретања никаква сила није потребна. Сила се сматра као разлог промене количине кретања тела. Сила - мера интензитета узајамног деловања тела, која показује промену количине кретања.

Сила је један од најелементарнијих појмова у физици. То је векторска величина (одређена је правцем, смером и интензитетом) којом се описује међуделовање тела и његове околине и којом се објашњавају узроци кретања. СИ јединица за силу је њутн, чија је ознака N (названа тако према Isaacu Newtonu).

3.1. Први Њутнов закон: Закон инерције

У оригиналу, на латинском, га је Њутн записао:

"Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare."

Тело остаје у стању мировања или се креће константном брзином ако на њега не делује ниједна сила, односно је резултантна сума свих сила на тело таква да се силе поништавају.

Овај закон описује принцип инерције и може се исказати и другачије. Тело на које не делују силе има тежњу да настави кретање истим смером и брзином.

У првом закону кретања, закону инерције који је пронашао још и Галилеј. Сагласно том закону тела која нису подвргнута спољашњем деловању су у стању мировања или равномерног праволинијског кретања. Таква тела називају се слободна, а њихово кретање назива се слободно или кретање по инерцији.

Слободно тело не постоји, нема тела које није подвргнуто спољашњим деловањима. Али ипак тело се може наћи у таквим условима, када спољашња деловања на њега се међусобно компензују.

3.2. Други Њутнов закон

Сила је једнака изводу импулса по времену:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

гдје је \vec{p} импулс и важи:

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

Демонстрациони огледи у обради теме „Закон инерције”

Из те формуле следи да је у случају константне масе (маса се може и мењати - нпр. код ракете) интензитет силе једнак производу масе тела и убрзања које тело добије деловањем те силе:

$$\vec{F} = \frac{d}{dt}(m \cdot \vec{v}) = \frac{dm}{dt}\vec{v} + m\frac{d\vec{v}}{dt}.$$

За случај константне масе важи:

$$\frac{dm}{dt} = 0$$

те стога:

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

или у скаларном облику:

$$F = m \cdot a$$

гдје је F сила, m (константна) маса тела, а a убрзање које то тело добија деловањем силе. Сила од 1 Њутна је сила која телу масе 1 килограма даје убрзање од 1m/s^2 .

3.3. Трећи Њутнов закон

Сваком деловању (акцији) супроставља се по интензитету једнако и супротно усмерено деловање (реакција). Деловање два тела једног на друго једнако је и супротно усмерено.

3.4. Четврти закон

Понекад се у литератури спомиње и тзв. четврти закон механике (иако га Њутн у *Principia Mathematica* не наводи), који се односи на слагање сила: уколико на неко тиело делује n сила, онда је укупна сила (о којој је реч у 2. закону):

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \dots + \vec{F}_n.$$

На следећој шеми приказани су аксиоми механике:



4. ИНЕРЦИЈА

4.1.. Први принцип инерције

Главни задатак механике је проучавање кретања тела и разлог који карактерише то кретање. Узајамно деловање тела мења карактер кретања. Тако тело, које пада при удару у Земљу или се заустави - тада његово кретање престаје, или одскочи горе - мења се смер брзине. Тела у стању мировања у односу на Земљу никада се неће покренути сама од себе, под деловањем било ког другог тела, излази из стања мировања и почиње кретање.

Може се закључити да узајамно деловање тела доводи до промене брзине и кретања. Аристотел је направио погрешан закључак да је кретање тела резултат њиховог узајамног деловања са другим телима. Један од разлога, који је довео до неистинитог закључка је то што су сматрали да је Земља непокретни центар васионе. Сматрали су за стање мировања да је природно стање, а кретање-принудно стање, које је резултат деловања спољашњих сила. Зато су настале тешкоће као на пример када објашњавамо кретање баченог камена, или стреле избачене из лука: ту не постоји тело, које би гурало камен или стрелу. Да би то објаснили антички научници предлажу различите хипотезе, само да сачувају своје главне принципе.

На крају XVI века, два задатка опет истичу нови проблем кретања. Са развојем артиљерије било је потребно одредити закон кретања топовског метка. Затим у вези појаве хелиоцентричног система Коперника, постало јасно да Земља није центар Васионе, већ само редовна планета, која се исто креће око Сунца као и друге планете.

Одатле следи закључак зашто се планете и друга тела крећу сама од себе. Треба објаснити зашто не осећамо окретање Земље и зашто када скочимо опет враћамо се на Земљу на исто место. Прво правилно мада је непотпуно решавање проблема кретања дао Галилеј у почетку XVII века и тек после 50 година Њутн пронашао тачно формулирање три закона кретања.

Да би правилно разрешили проблем кретања, треба прво не гледати било које спољашње утицаје и формулисати проблем тако: шта ће бити са телом ако прекине однос са другим телима? Ту треба да помогне експеримент, идеја Галилеја. У сваком реалном експерименту на Земљи неможемо се ослободити гравитационог деловања и силе трења. Можемо поставити питање: шта ће бити, ако ми ове силе, макар у мислима постепено смањујемо?

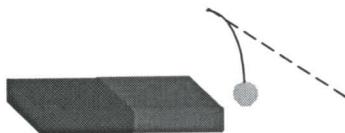
Следећи експеримент указује на одговор. После котрљања низ стрмину (сл. 4.1.) куглица прелази на хоризонталну подлогу посуту песком. Ту се њена брзина нагло смањује, те она прелази кратак пут до заустављања. Тај пут је знатно дужи када је подлога од дрвета, јер је тада мање трење између куглице и дрвене подлоге.



Слика.4.1.1. Зауставни пут кугле по различитим подлогама

У трећем случају подлога је од стакла, трење је још мање и куглица прелази најдужи пут. Ако претпоставимо да је стакло апсолутно глатко, највероватније да куглица неће стати, него ће се кретати само од себе неограничено дуго. Галилеј је грешио, сматрао је да се тело по инерцији може кретати и по кружности. Правац кретања тела мења се само деловањем других тела. На пример, да би се челична куглица која се креће по глаткој површини леда скренула са своје праволинијске путање, морамо поставити магнет у њену близину (слика. 4.1.2.).





Слика. 4.1.2. Кретање челичне куглице у близини магнета

Ако задато тело не контактира са спољашњим телима, и његова брзина се не мења ни по интензитету ни по правцу, оно је праволинијски и равномерно. Ако узмемо у обзир да неко тело мирује, то није апсолутно мировање, његово мировање је само у задатом систему, који се сам креће у односу на друга тела.

На основу разматрања огледа, Галилеј је дошао до закона (принципа) инерције:

Свако тело мирује, или се креће равномерно праволинијски, ако на њега не делују друга тела, или се деловања других тела узајамно поништавају.

Овај закон добијен је на основу анализе експерименталних чињеница и не може се „доказати” никаквим расуђивањима. Његову применљивост на сва кретања у природи схватио је Њутн и уврстио га у своје основне законе динамике, те се зато често и назива I Њутнов закон.

Захваљујући инерцији, одскочивши увис у покретном вагону, ми се спуштамо на исто место. Налазећи се на поду покретног вагона ми са њиме имамо исту брзину. Скочивши вертикално у вис, ми задржавамо хоризонталну равномерну брзину, или у том правцу на нас ништа не делује. Исто можемо рећи и за наше кретање са Земљом. Захваљујући инерцији крећу се бачена тела. У моменту бацања ми камену преносимо одређену брзину. Ако камен не би осећао супротстављање ваздуха и привлачење земље, он би кретао по инерцији задржавајући брзину која је непроменљива по интензитету и правцу. Узајамно деловање камена, ваздуха и Земље долази до успоравања, кривљења путање и на крају заустављања.

4.2. Инерција - тромост

Инерција или тромост је једно од основних особина свих тела у свемиру које имају масу, тј. маса је мера инертности физичких тела. То се својство манифестује као противљење тела промени стања свога кретања, што је описано Првим Њутновим законом (законом инерције).

У основи, то значи да би се телу променио интензитет, правац или смер брзине, на то тело мора деловати сила. Уочимо да за промену смера кретања није потребна и промена интензитета брзине. Противљење промени стања кретања испољава се у појави инерцијалне силе која делује у неинерцијалном референтном систему чврсто везаном за само тело (у систему у којем тело мирује). Пошто се у овом систему

убрзање (промена брзине) тела не опажа ово противљање се опажа као сила која делује без видљивог узрока или извора, па се зато и назива фиктивном или инерцијалном силом. Најједноставнији и свима добро познати пример за ово је возња у аутомобилу који мења своју брзину (убрзава, успорава или мења смер брзине). Дакле, као што добро знамо из искуства, приликом убрзавања у возњи седиште притискује наша леђа, као да нас нешто вуче према назад, док приликом успоравања настављамо са кретањем према ветробранском стаклу, као да нас нешто вуче према напред. Ефекат је израженији што је већа маса тела и/или промена брзине у јединици времена, тј. убрзање. Вектор инерцијалних сила увек је усмерен у супротном смеру од вектора убрзања неинерцијалног система у којем их опажамо, а интезитет је једнак $\vec{F}_m = m\vec{a}$.

Инерцијалне силе су по природи масене (волуменске) силе (за разлику од контактних). Такве силе "пржимају" тело у целој његовој маси (волумену) јер делују на сваку његову честицу; у суштини, начин деловања инерцијалних сила се ни по чему не разликује од гравитационих, осим што су им узроци различити. Ову њихову особину Алберт Ајнштајн искористио је за формулисање свога принципа еквивалентности инерцијалних и гравитационих сила, који представља једну од основа његове Опште теорије релативности. Неке инерцијалне силе су од посебног значаја у анализи кретања па имају и посебно име: центрифугална сила, кориолисова сила. Маса тела је прикладна величина за меру инертности тела само код разматрања кретања које укључује једино транслацију, међутим, инерцијални ефекти се појављују и код чистог ротационог кретања (стална промена смера кретања). Сама маса у таквом случају није довољно добра величина па се уводи појам момента инерције. Момент спољашње силе која делује на тело је:

$$M = J\alpha \quad \text{где је}$$

J момент инерције, α је угаоно убрзање у (rad/s^2), а M је момент силе. Ова израза за момент силе у случају ротационог кретања је потпуна аналогија формуле $F = ma$ која важи за транслаторно кретање (основна једначина динамике-други Њутнов закон). Момент силе, који је, дакле, за ротационо (кружно кретање) аналоган сили код транслаторног (праволинијског) кретања може се одредити и у векторској форми као векторски производ:

$$\vec{M} = \vec{F} \times \vec{r}$$

где је \vec{r} - вектор најкраће удаљености нападне тачке силе од осе ротације, усмерен од ове осе према сили.

4.3. Инерцијални систем референције

Једно те исто кретање изгледа другачије у различитим системима. Ако у било ком систему тело се креће равномерно и праволинијски, посматрано из другог система кретање неће бити такво, односно тело се креће убрзано. Зато закон инерције не може

Демонстрациони огледи у обради теме „Закон инерције”

бити исти у сваком систему. Ако се не наведе систем референције он губи смисао. Класична механика каже: да постоји систем у коме сва слободна тела крећу се равномерно праволинијски то је инерцијални систем референције.

Дефиниција принципа инерције није потпуна. Ту се стварно говори о кретању тела, али ништа није речено о систему референције у коме се дешава кретање. Нама је само познато да је реч о путањи и о брзини у односу на неки систем референције. Различити системи имају различите карактере. Пример: тачка на точку аутомобила креће се по кругу, а у исто време у односу на Земљу креће се по сложеној кривој, која се зове циклоида.

Тако на пример у једном систему путања је права линија, која може постати крива у односу на други систем. Зато при формулацији принципа инерције мора се узети карактер система референције. Постоји систем у коме се тело креће равномерно праволинијски, или мирује и такав систем референције назива се инерцијални систем. Дакле први Њутнов закон важи само за специјалну класу координатних система и не важи увек.

Сваки систем који мирује или се креће равномерно праволинијски у односу на неки инерцијални систем је такође инерцијални систем.

Све механичке појаве дешавају се на исти начин у свим инерцијалним системима, не може се на основу резултата експеримената одреди да ли се систем креће.

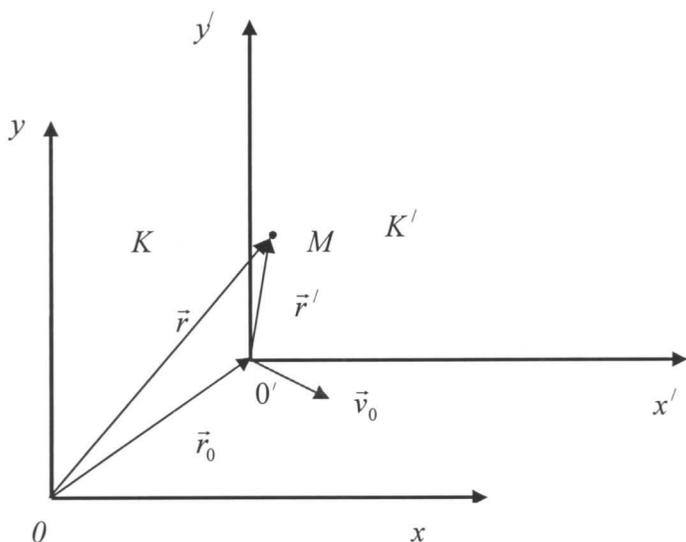
Равномерно праволинијско кретање материјалне тачке у инерцијалном систему референције је инерцијално кретање или кретање по инерцији, вектор брзине материјалне тачке током времена се не мења, ни по правцу ни по модулу ($\vec{v} = const$). Посебни случај инерцијалног кретања је $\vec{v} = const = 0$ тј. кад тело мирује. Сваки систем референције повезан је са неким телима, а сва тела у природи повезана су једна са другим. Да би описали многа механичка кретања у условима на Земљи, инерцијални систем референције повезује се са планетом Земљом (хелиоцентрички систем) не рачунајући да се Земља креће око Сунца и око своје осе. Зато систем повезан са Земљом - неинерцијални. Али убрзања, са којим се креће Земља, толико је мало, да би разрешило неке задатке у том систему, повезано са Земљом, може се практично рачунати инерцијално. Окретање Земље око своје осе практично не утиче на рад различитих механизма и машина, на кретање различитог транспорта. Оно не утиче на топлотне и нуклеаре реакције, електромагнетне процесе, процесе у генераторима, трансформаторима итд. Почетак координате овог система поклапа се са центром Сунца, а координатне осе пролазе у правцу на неке звезде, за које се рачуна да су непокретне.

При описивању свих ових физичких процеса можемо са високим степеном тачности рачунати хелиоцентрични систем референције-инерцијалним.

Постоји ред појава изазваних окретањем Земље око Сунца и своје осе ротације. Како оба кретања нису праволинијска и равномерна, они изазивају појаве немогуће у

инерцијалном систему. Тако кад у ноћ кад посматрамо небо, приметитићемо цео систем звезда окреће се у круг осовине, пролазећи кроз поларну звезду и центар земље. Инерцијалних система референције може бити бесконачно много, јер сваки систем који се креће равномерно праволинијски или мирује у односу на инерцијални систем је, такође инерцијални систем.

Нека у неком систему референције тело се креће по инерцији тј. брзина се не мења по интензитету и правцу. У другом систему референције који се креће равномерно праволинијски, посматрано тело ће имати другу брзину, опет константну по интензитету и правцу. Што значи да је и други систем као и први инерцијални. Пример: Посматрана тела која се крећу равномерно у вагону или на броду, такође ће се кретати равномерно и праволинијски и у односу на Земљу, неком другом брзином која је такође константна. Да би то могли видети, погледајмо кретање



Слика 4.2. Графички приказ радијус вектора у инерцијалним системима

материјалне тачке у координатном систему K и координатном систему K' који се креће у односу на систем K константном брзином \vec{v}_0 . Међу радијус - векторима постоји однос $\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{r}'$ односно $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{v}'$. Ако на тачку M не делује никаква сила, а систем K је инерцијални систем, тада је брзина тачке M у овом систему константна, што значи да је брзина v' у систему K' константна, односно систем K' је такође инерцијални.

Тело на броду испуштена из руке, пада вертикално на доле и путања је права линија у односу на брод, док у односу на Земљу оно се креће по параболичној путањи.

4.4. Галилејев принцип релативности кретања

Да ли се међусобно разликују разни инерцијални системи и по чему? Постоји ли „најбољи” или неки који има било какве предности у поређењу са осталима? Одговоре на ова питања даје *принцип релативности кретања* који се још назива и *Галилејев принцип релативности*.

Кад се налазимо у вагону воза, тешко је рећи да ли се он стварно креће, или стоји у месту. Кроз прозоре вагона види се да промичу телефонски стубови, но, то што видимо, може се протумачити на различите начине. Ми имамо право да мислимо да се стубови крећу, а воз стоји у месту. У ствари, овде може да се говори само о *релативном кретању* стубова и воза. То је једина неспорна тврдња која се може дати о кретању.

Слични свакодневни утицаји и размишљања о њима наводе нас на закључак да посматрање околних тела даје информацију само о *релативном кретању*. Из таквих посматрања немогуће је сазнати да ли се крећемо ми или околни предмети, или и ми и они. Може ли се, у таквом случају, извршити у самом вагону експеримент који би показао да ли се воз креће? Замислимо да се налазимо у вагону воза који се креће равномерно праволинијски. Путницима у таквом возу нису потребни никакви додатни напори да одрже равнотежу: стоје усправно као када воз мирује. Испуштени предмет, пада исто као у непокретном возу. Ако путник у непокретном возу може да скочи 1,5 m удаљ, исто толико ће моћи да скочи у покретном возу. Доскок ни мало неће бити већи ако скаче у смеру кретања воза, нити мањи ако скаче у супротном смеру. Кретање билијарске или пинг понг лоптице у току игре у млазном авиону, који се креће константном брзином по правој путањи, исто је као кад авион стоји на писти.

Овакве чињенице први је открио Галилеј, вршећи експерименте на броду који мирује и када се креће равномерно, без трзања, праволинијски. Клатно се клати у истом ритму као на непокретном броду, ни брже ни спорије. На основу посматрања механичких појава, не може се утврдити разлика између таквог кретања и мировања. Ово је један од основних закона природе, и назива се *принцип релативности кретања*:

У свим инерцијалним системима референције механичке појаве дешавају се на исти начин.

На основу тога како протичу механичке појаве, не може се, дакле установити да ли се систем референције у коме се појава дешава креће равномерно или мирује. Ток механичких појава описују закони механике, па се, стога, принцип релативности може и овако исказати:

Закони механике имају исти математички облик у свим инерцијалним системима референције.

Независност математичког облика закона механике од система референције (инерцијалног) значи да су сви ти системи подједнако „добри”, еквивалентни, да не постоји ниједан изузетан систем.

Принцип релативности описује једно од најфундаменталнијих својстава природе: Механички експерименти изведени у различитим инерцијалним системима под једнаком условима дају исте резултате.

Из принципа релативности такође следи да су у свим инерцијалним системима исте димензије, запремина и маса неког тела, да је једно трајање (временски интервал) неке појаве, као и убрзање, сила, потенцијална енергија.

Једно исто кретање посматрано из различитих инерцијалних система неће имати једнаке све карактеристике. Биће различити положај, путања, пређени пут, брзина импулс и кинетичка енергија.

4.5. Неинерцијални систем референције

Неинерцијални систем референције, креће се са убрзањем у односу на инерцијални систем. У неинерцијалном систему референције слободно тело може извршити неинерцијално кретање, тј. кретати се са убрзањем.

Раније се сматрало да је основна једначина динамике применљива само у инерцијалном систему референције. Међутим има много случајева када решење треба добити у неинерцијалном систему. Пример: кретање математичког клатна који се креће убрзано, кретање сателита у односу на површину Земље.

Поставља се питање како треба променити главну једначину динамике, да би она била применљива и у инерцијалном систему.

Због тога узећемо два система референције: инерцијални систем - K , неинерцијални систем - K' . Претпоставимо да на честицу масе m , делује сила - F у правцу од стране тела која је окружују.

Када се систем K' . окреће са константном угаоном брзином, $\vec{\omega}$, у круг око своје осе, убрзање честице у том систему је:

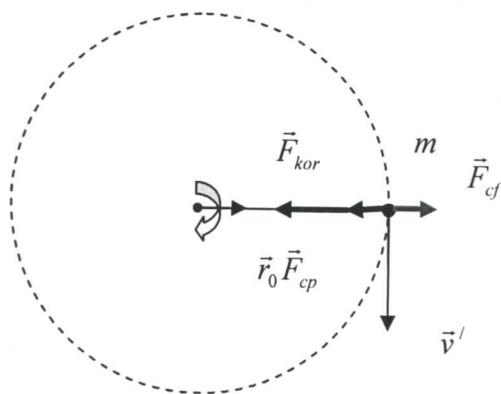
$$\vec{a}' = \vec{a} - \vec{a}_0 + \omega^2 \vec{r} + 2(\vec{v}' \times \vec{\omega}) \quad (1)$$

где је \vec{v}' - брзина делића у односу на систем K' , \vec{r} - радиус - вектор, нормалан на осовину обртања и карактерише положај честице. Множењем израза (1) са масом m и сматрајући да је $\vec{F} = m\vec{a}$ добијамо:

$$m\vec{a}' = \vec{F} - m\vec{a}_0 + m\omega^2 \vec{r} + 2m(\vec{v}' \times \vec{\omega}) \quad (2)$$

Ово је једначина динамике у неинерцијалном систему референције, који се окреће са константном угаоном брзином $\vec{\omega}$ око своје осе, прелазећи постепено на убрзање \vec{a}_0 . Из овога се види да при $\vec{F} = 0$ честица ће се кретати у том систему убрзано. Ако би на честицу деловале неке силе које су различите од нуле и при томе биле сагласне са последња три члана једначине (2) те силе би се назвале инерцијалним силама. Једначина показује да увођењем инерцијалних сила дозвољава очување по форми основне једначине динамике и за неинерцијалне системе.

$$m\vec{a}' = \vec{F} + \vec{F}_m + \vec{F}_{cf} + \vec{F}_{kor} \quad (3)$$



Слика 4.3. Графички приказ сила које делују на тело које се креће по кружности

$\vec{F}_m = -m\vec{a}_0$ - инерцијална сила која одговара кретању система K' са убрзањем \vec{a}_0 .

$\vec{F}_{cf} = m\omega^2 \vec{r}_0$ - центрифугална инерцијална сила.

$\vec{F}_{kor} = 2m(\vec{v}' \times \vec{\omega})$ - Кориолисова сила.

Последње две силе су последица обртног кретања референтног система. По дефиницији, инерцијалне силе се јављају у неинерцијалним системима. Како је систем који ротира неинерцијални, у изразу за кретање материјалне тачке у овом систему појављују се два члана који, управо, представљају инерцијалне силе – Кориолисову и центрифугалну. Види се да силе инерције зависе од својстава референтног система $(\vec{a}, \vec{\omega}_0)$ а такође од растојања \vec{r}_0 и брзине \vec{v}' честице у том референтном систему (K') . Раније се сматрало да је систем референције повезан са површином Земље и да се у многим случајевима може рачунати инерцијалним. Али јављају се случајеви кад не можемо избећи њену неинерцијалност. Познато је да је убрзање слободног пада тела у односу на површину Земље има највећу вредност на половима. Ако се приближавамо

екватору интензитет убрзања се смањује. Објашњава се не само да Земља није сферна, већ и узајамно деловање центрифугалне силе инерције.

5. ОБРАДА НАСТАВНЕ ЈЕДИНИЦЕ - ЗАКОН ИНЕРЦИЈЕ

5.1. ТОК ЧАСА

ЦИЉ:

Познавање везе између сила које делују на неко тело и параметра кретања. Разумевање природних законитости; утврђивање знања; учење руковања и коришћења уређаја и инструмената; развијање способности за истраживање; формирање умења решавања проблема; развијање стваралаштва; развијање способности комуницирања и дијалога; евалуација научног градива; увиђање хоризонталне повезаности градива.

ГЛАВНИ КОРАЦИ:

1. Увод
2. Формирање група
3. Обнављање градива и претпостављени одговори ученика
4. Подела задатака – огледи
5. Извештаји група и дискусија
6. Дефинисање закона
7. Усвојени појмови

1. Увод

Наставник представља тему, упознаје ученике са законима физике који представљају основу за решавање постављеног задатка. Стварање атмосфере за рад.

2. Подела ученика у групе

Подела на групе врши се поделом различитих сличица. Наглашава се потребна подела улога у групи.

Демонстрациони огледи у обради теме „Закон инерције”

3. Обновљање градива

Потребно предзнање:

- Равномерно праволинијско кретање
- Референтни систем
- Појам силе
- Колинеарне силе
- Облици интеракције
- Гравитациона сила и сила трења.

Предпостављени одговори ученика:

Најчешће грешке које ученици праве код примене инерције:

- Лоптица избачена из аутомобила који се креће, кретаће се у супротном смеру аутомобила.

До погрешног закључка долазе ученици због система референције из ког посматрају.

- Предмет који се подиже вертикално навише при испуштању почиње да слободно пада.

Ученици најчешће у оваквим примерима заборављају на својство тела да тежи да задржи првобитно стање. При испуштању предмета куглица се креће најпре по инерцији. Због гравитационог деловања креће се равномерно успорено до заустављања и тек тада почиње слободно падање.

- Предмет који се спушта равномерно и при његовом испуштању почиње да слободно пада.

Такође ученици заборављају на кретања по инерцији. Тако да се овакво кретање може посматрати као вертикални хитац на доле.

4. Подела задатака

Ученици добијају задатке у писаној форми. Представник групе чита свима задатак своје групе. На часу се изводе следећи огледи:

Демонстрациони огледи у обради теме „Закон инерције”

1. Новчић и чаша
2. Кидање конца између два тега
3. Кидање конца
4. Куглица и чаша
5. Цилиндар на колицима
6. Извлачење књиге из гомиле књига
7. Избацивање блока
8. Навлачење чекића на држач
9. Извадити или ставити нож у столарско ренде
10. Извадити папир испод чаше са водом

5. Извештаји група

Свака група уочено евидентира на графофолију. При подношењу извештаја, поново изводи оглед да сви ученици могу видети и износе закључке.

6. Увођење појма инерције и дефинисање закона

Особина свих тела да остају у стању мировања или једноликог праволинијског кретања први је истакао *Галилеј* и назвао је **инерција**. Појаву је касније проучио *Њутн* и дао дефиницију, која је позната као *I Њутнов закон, или закон инерције*. Овај закон гласи:

Свако тело мирује или се креће равномерно праволинијски ако на њега не делују друга тела или се деловања других тела узајамно поништавају.

5.2 ЈЕДНОСТАВНИ ОГЛЕДИ ИЗВЕДЕНИ НА ЧАСУ

5.2.1. Новчић и чаша

Циљ:

Учити да новчић тежи да задржи своје првобитно стање, стање мировања.

Предзнање:

- Појам силе
- Гравитационо деловање

Потребан материјал:

- чаша
- танки картон правоугаоног облика
- новчић

Демонстрациони огледи у обради теме „Закон инерције”

Припрема и извођење огледа:

Картон се постави на чашу и на њему метални новчић као на слици.

Задатак: Спустите новчић у чашу не додирујући ни једно ни друго, тако да картон остане у истој равни (слика 5.2.1.1.).

Благим повлачењем картона, шта примећујемо?

Шта се дешава при нагом повлачењу картона?



Слика. 5.2.1.1. Шема огледа “Новчић и чаша”

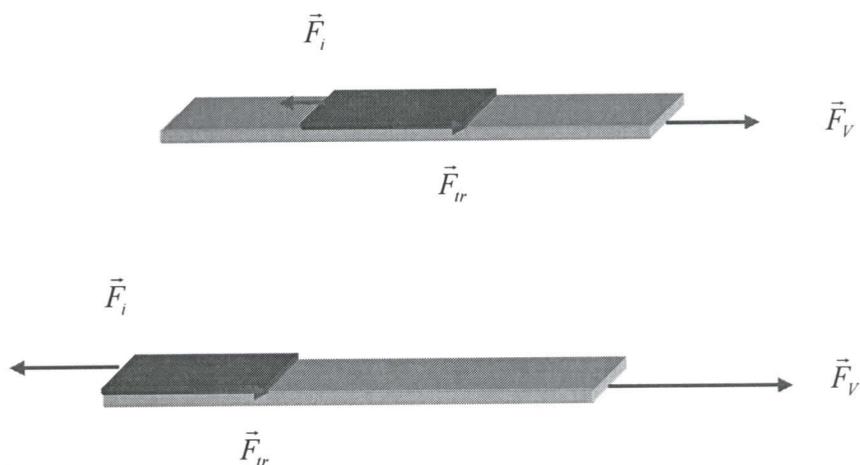
Објашњење:

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

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

Сила која тежи да задржи новчић у првобитном стању зависи од силе која делује на подлогу тј. од убрзања система.

Демонстрациони огледи у обради теме „Закон инерције”



Слика. 5.2.1.2. Графички приказ сила које делују на новчић: а) у случај лаганог повлачења картона; б) у случају наглог повлачења картона

Интензитет инерцијалне силе једнак је производу масе тела и убрзања система, а смер је супротан.

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

Инерцијална сила је последица убрзаног кретања референтног система и делују на тело само у неинерцијалном систему.

Закључак:

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

Усвојени појмови:

Инерција, инерцијална сила.

5.2.2. Кидање конца између два тега

Циљ:

Учити тежњу тела да задржи првобитно стање, стање мировања.

Предзнање:

- Појам силе
- Тежина тела
- Гравитациона сила
- Колинеарне силе

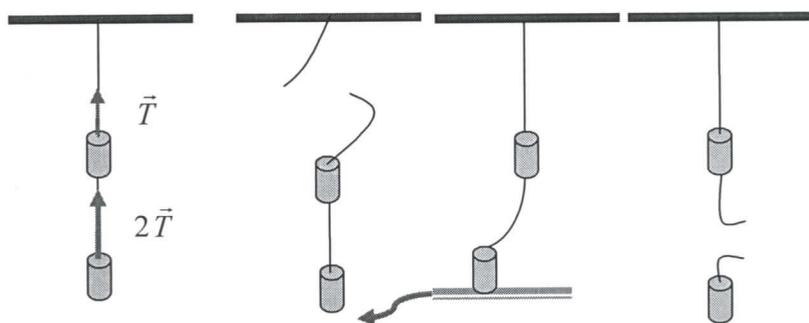
Потребан материјал:

- сталак
- конач
- Два тега маса од по 0,5 kg

Припрема и извођење огледа:

За доњи крај конца везаног за хоризонталну пречку, окачи тег. За куку на доњем крају тега вежи конач и на њега закачи други тег исте масе (слика 5.2.3.). Доњи, тег придржавај руком тако да конач није затегнут. Затим се рука лагано спушта тако да се доњи конач све више затеже. Кад се рука склони, горњи конач се кида, док доњи остаје непокидан.

Након тога се за хоризонталну пречку опет завеже конач и о њега опет окаче тегови, као у предходном делу огледа. Међутим сада се доњи тег *нагло* пусти из руке (или се нагло склони постоље). Посматрај шта се дешава. Кида се доњи конач, док горњи тег остаје да виси о концу.



Слика.5.2.2. Шема огледа “Кидање конца између два тег”

Објашњење:

Када се рука лагано спушта на горњи конач делују оба тег својом тежином, док на доњи конач делује само доњи тег својом тежином. Дакле на горњи конач делује два пута већа сила (тегови су исте масе, а за конач узимамо да је неистегљив) па се због тога кида тај а не доњи конач.

У случају наглог пуштања тега из руке, сила затезања доњег конца достиже критичну вредност за врло кратко време (скоро тренутно), тако да на горњи тег сила делује исувиче кратко да би изазвала његово кретање, а тиме и кидање горњег конца. Горњи тег се опире промени првобитног стања.

Демонстрациони огледи у обради теме „Закон инерције”

Закључак:

Кидање конца настаје зато што горњи тег тежи да задржи првобитно стање, стање мировања.

Усвојени појмови:

Инерција.

5.2.3. Кидање конца

Циљ:

Учити тежњу тела да задржи првобитно стање, стање мировања или равномерниг праволинијског кретања.

Предзнање:

- Појам силе
- Сила теже
- Колинеарне силе
- Слагање колинеарних сила

Потребан материјал:

- тег масе око 1kg
- конач

Припрема и извођење огледа:

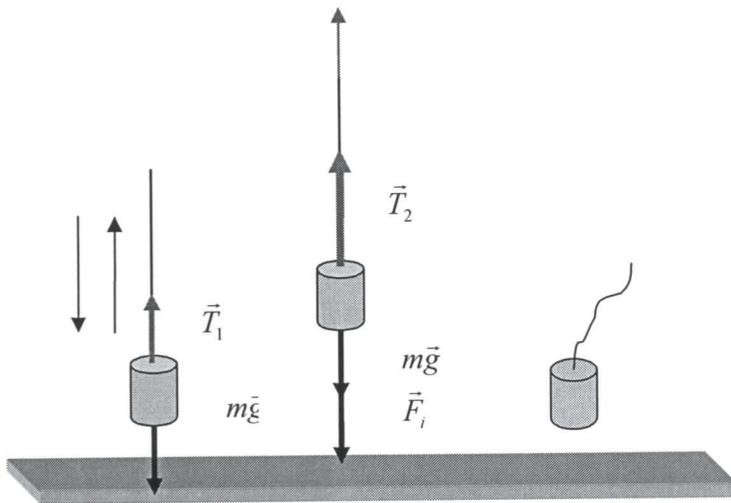
Окачити о конач тег.

Тег који виси о концу у стању мировања нагло повући вертикално навише.

Тег који виси о концу, и равномерно се креће вертикално надоле нагло зауставити.

При равномерном кретању тега вертикално нагоре, нагло повући конач навише.

У сва три случаја посматрати шта се дешава.



Слика.5.2.3. Шема огледа “Кидање конца”

Објашњење:

Уколико се тег креће равномерно по вертикалном правцу, или мирује, сила затезања нити $\vec{T}_1 = m\vec{g}$ (инерцијални систем).

Деловањем силе на нит у вертикалном правцу са смером на горе (неинерцијални систем), сила затезања нити је: $\vec{T}_2 = m\vec{g} + \vec{F}_i = m\vec{g} + m\vec{a} = m(\vec{g} + \vec{a})$.

Пошто је сила затезања нити T , где је: $T_2 > T > T_1$. Долази до кидања нити.

Закључак:

Нит се кида зато што тег тежи да задржи првобитно стање, стање мировања, или равномерног праволинијског кретања.

Усвојени појмови:

Инерција.

5.2.4. Куглица и чаша

Циљ:

Учити да куглица тежи да задржи првобитно стање, стање равномерног праволинијског кретања.

Предзнање:

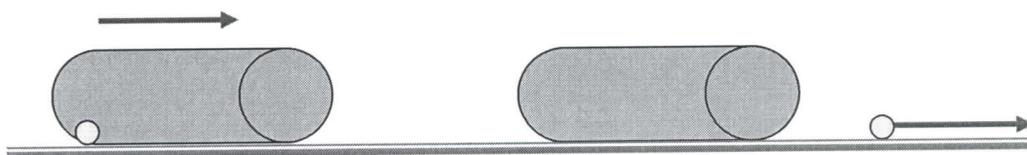
- Равномерно праволинијско кретање
- Пређени пут
- Брзина
- Сила

Потребан материјал:

- куглица
- чаша

Припрема и извођење огледа:

Ставимо куглицу у чашу коју постављамо хоризонтално на сто. Покренемо чашу по столу са отвором окренутим напред. Затим чашу нагло зауставимо. Посматрајмо шта се дешава.



Слика.5.2.4. Шема огледа “Куглица у чаши”

Објашњење:

Куглица се креће заједно са чашом у односу на посматрача са стране, али у односу на чашу она мирује. У моменту заустављања чаше куглица задржава предходно стање, стање равномерног праволинијског кретања.

Закључак:

Куглица напушта чашу зато што тежи да задржи првобитно стање, стање равномерног праволинијског кретања.

Усвојени појмови:

Инерција.

5.2.5. Цилиндар на колицима

Циљ:

Закључити да цилиндар тежи да задржи првобитно стање, стање мировања уколико је мировало или стање кретања уколико се кретало.

Предзнање:

- равномерно праволинијско кретање
- узајамно деловање тела
- сила
- брзина

Потребан материјал:

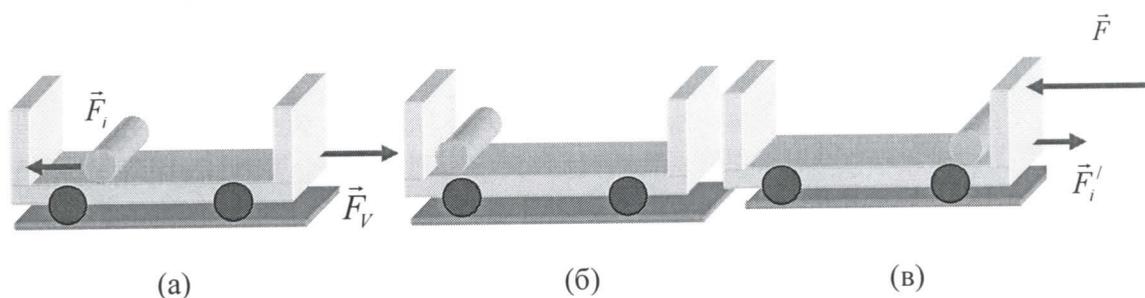
- колица са штитницима, масе M
- метални цилиндар, масе m

Припрема и извођење огледа:

Поставити цилиндар на средини колица која се налазе на хоризонталном столу, као на слици. Ручком покренути колица. следеће:

дешава са цилиндром у моменту покретања колица?
примећујемо када цилиндар удари у задњи штитник?
се дешава са цилиндром када се колица нагло зауставе?
Шта примећујемо кад цилиндар удари у предњи штитник?

Посматрати
Шта се
Шта
Шта



Слика.5.2.5. Шема огледа “Цилиндар на колицима”

Објашњење:

Деловањем силе \vec{F}_V колица мењају првобитно стање, почињу да се крећу равномерно убрзано праволинијски, убрзањем \vec{a} у односу на подлогу. Цилиндар тежи да задржи

Демонстрациони огледи у обради теме „Закон инерције”

првобитно стање тј. мирује у односу на подлогу, а у односу на колица креће се убрзано, убрзањем истог интензитета као колица, али у супротном смеру. У моменту удара цилиндра у граничник, убрзање колица се мења, због деловања додатне (инерцијалне) силе на колица, па је једначина кретања $\vec{a}'(M + m) = \vec{F}_V - \vec{F}_i$, где је $\vec{F}_i = -m\vec{a}$. Промена силе може се осетити под руком, уколико са стране придржавамо колица, занемарљивом силом.

При нагом заустављању колица, цилиндар због инерције прелази на предњи крај колица убрзањем \vec{a}' и удара у граничник силом $\vec{F}_i' = m\vec{a}'$ (уз претпоставку да се колица тренутно заустављају и да нема трења).

Уколико је у међувремену уклоњена сила која је деловала на заустављање колица, под дејством ове силе колица се поново покрећу.

Закључак:

Цилиндар тежи да задржи стање миривања или равномерног праволинијског кретања све док га нека сила не примора да то стање промени.

Усвојени појмови:

Инерција

5.2.6. Извлачење књиге из гомиле књига

Циљ:

Учити да књиге теже да задрже првобитно стање, стање мировања, појаву инерције.

Предзнање:

- Појам силе
- Сила теже

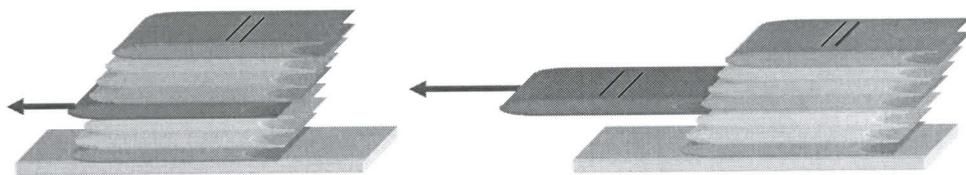
Потребан материјал:

- књиге

Припрема и извођење огледа:

Сложите књиге једну на другу (Слика 5.2.6), ухватите једну књигу с доњег краја и снажним трзајем је извуците. Шта уочавате?

Демонстрациони огледи у обради теме „Закон инерције”



Слика.5.2.6. Шема огледа “Извлачење књиге из гомиле књига”

Објашњење:

Снажним трзајем једне од књига у страну, помера се само она књига на коју делујемо силом, док остале задржавају свој првобитни положај у односу на хоризонтални правац.

Закључак:

Књиге задржавају првобитно стање, стање мировања.

Усвојени појмови:

Инерција.

5.2.7. Избацивање блока

Циљ:

Учити да се блокови неће срушити, већ да задржавају своје првобитно стање, стање мировања. Појаву инерције.

Предзнање:

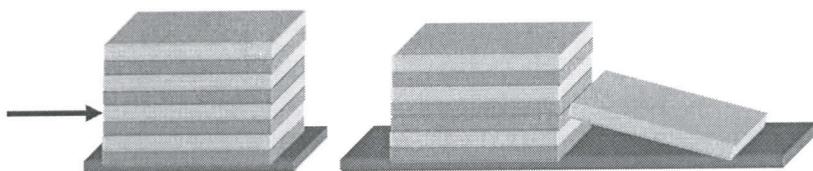
- Појам силе
- Сила теже

Потребан материјал:

- блокови (домине)
- лењир

Припрема и извођење огледа:

Поставити домине на сто и наслагати их једне на другу. Лењиром нагло ударити у неки од доњих блокова. Посматрајте да ли ће се остали блокови срушити?



Слика.5.2.7. Шема огледа “Избацивање блока”

Објашњење:

Снажним ударцем једног од блокова, под дејством силе у смеру њеног деловања помера се само онај блок на који делујемо силом, док остали задржавају свој првобитни положај у односу на хоризонтални правац. На тај начин, због гравитационог деловања, долази само до вертикалног померања оних блокова који су били изнад избаченог блока.

Закључак:

Блокови задржавају првобитно стање, стање мировања.

Усвојени појмови:

Инерција.

5.2.8. Навлачење чекића на држач

Циљ:

Учити да при удару чекића у држач другог чекића, долази до увлачења држача у чекић. При удару држача о чврст предмет, чекић се навлачи на држач.

Предзнање:

- Појам силе
- Сила трења

Потребан материјал:

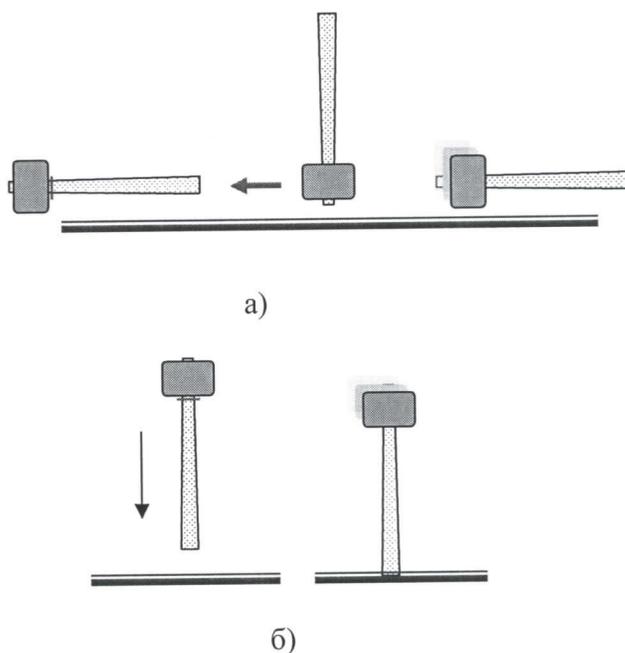
- два чекића
- маркер

Припрема и извођење огледа:

На једном чекићу означити маркером положај чекића на држачу.

Демонстрациони огледи у обради теме „Закон инерције”

Ударцима чекићем у други крај држача, увући држач у чекић (слика 5.2.8. а)).
Ударцима другог краја држача у чврсту подлогу, навући чекић на држач.



Слика 5.2.8. Шема огледа “Навлачење чекића на држач” а) ударом чекића у држач б) ударом чекића о чврсту подлогу

Објашњење:

При удару чекићем у држач другог чекића, под дејством силе држач се покреће у смеру деловања, док чекић тежи да задржи првобитно стање и на тај начин постижемо жељено.

При удару држачем у чврсту подлогу тј. наглим заустављањем, чекић на држачу тежи да настави стање кретања, тако да се навлачи на држач.

Колико се чекић навлачи на држач зависи од силе која је изазвала промену стања чекића, силе трења чекић-држач и масе чекића који се навлачи.

Закључак:

Чекић се навлачи на држач зато што тежи да задржи првобитно стање, стање мировања уколико је мировао или стање праволинијског кретања уколико се кретао.

Усвојени појмови:

Инерција.

5.2.9. Извадити или ставити нож у столарско ренде

Циљ:

Учити да при удару чекићем у столарско ренде, извлачи се или увлачи нож из њега. Ударцем чекића у столарско ренде, мења свој првобитни положај, док нож задржава првобитно стање, тако да на тај начин постижемо жељено.

Предзнање:

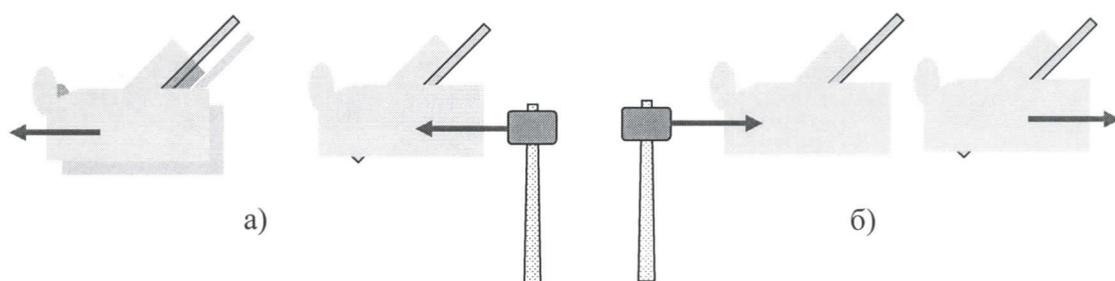
- Појам силе
- Сила отпора средине

Потребан материјал:

- столарско ренде
- столарски чекић

Припрема и извођење огледа:

Чекићем ударити у чеони део столарског рендеа (слика 5.2.9.а)), у том случају нож се увлачи. Ударом чекића у столарско ренде (слика 5.2.9.б)) нож се извлачи.



Слика. 5.2.9. Шема огледа “Извадити или ставити нож у столарско ренде”

Објашњење:

Дејством спољашње силе на столарско ренде, оно мења првобитно стање. Нож тежи да задржи првобитно стање и на тај начин постижемо жељено.

Закључак:

Нож тежи да задржи првобитно стање, стање мировања тако да се увлачи или извлачи у зависности смера силе која делује.

Усвојени појмови:

Инерција

5.2.10. Извадити папир испод чаше са водом, тако да се вода не проспе

Циљ:

Учити да се наглим повлачењем папира, чаше неће покренути, односно вода се неће пролити.

Предзнање:

- Појам силе
- Сила теже
- Сила трења

Потребан материјал:

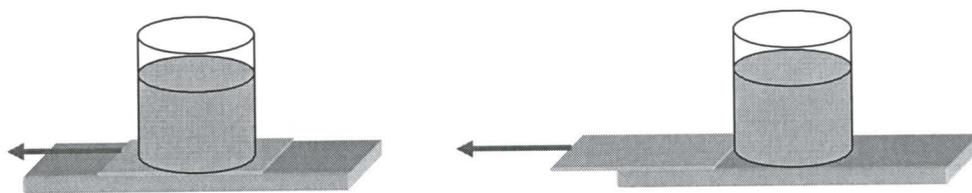
- чаша са водом
- папир

Припрема и извођење огледа:

Поставити чашу са водом на сто:

1. Нагло покрените чашу и посматрајте, шта се дешава са водом?
2. При равномерном кретању чаше, нагло је зауставите и посматрајте у том тренутку воду.

Поставити лист папира на сто. На папир ставити чашу. Наглим трзајем извући папир испод чаше. Шта се при томе дешава са водом?



Слика.5.2.11. Шема огледа “Извадити папир испод чаше са водом, тако да се “вода не проспе

Објашњење:

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

Закључак:

Вода у чаши тежи да задржи првобитно стање.

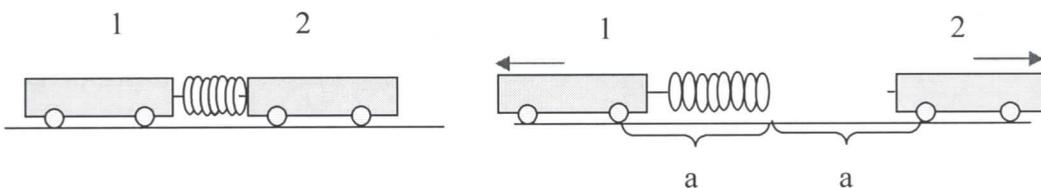
Усвојени појмови:

Инерција

6. Маса

Маса је основна особина материје. Њена дефиниција је интуитивно везана за меру материје. Иако често мешана са тежином, маса је особина која је независна од положаја. Маса и тежина су узрочно-последично повезане, тежина је сила, последица постојања масе као узрока гравитације. Маса је основни појам класичне механике.

Посматрајмо двоја колица која су направљена од истог материјала и идентична: колица 1 и колица 2 (Слика.6.1.). На једним од тих колица причвршћена је метална еластична опруга. Опруга се у сабијеном стању одржава помоћу конца. Опруга и конец не нарушавају идентичност колица.

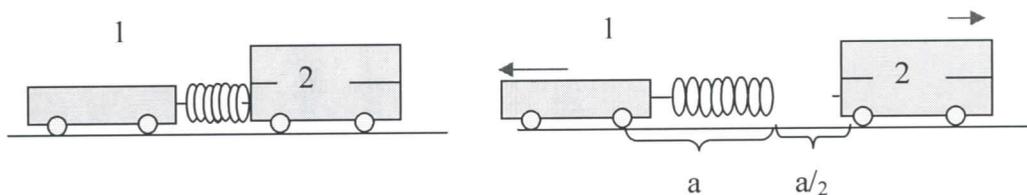


Слика.6.1. Шема огледа “Однос интензитета брзина које су постигнуте узајамним деловањем два тела истих маса”

Прекидањем конца, опруга се враћа у недеформисано стање. Истежање опруге покреће оба колица истовремено (Слика 6.2.). Да би колица започела кретање, потребно је да постоји њихово узајамно деловање, које се у нашем случају остварује помоћу сабијене опруге. Мерењем се може установити да колица за једнаке временске интервале прелазе једнаке путеве.

Демонстрациони огледи у обради теме „Закон инерције”

У наставку огледа и даље ћемо задржати колица 1, а колица 2 заменићемо колицима која су два пута веће масе. Сада ћемо констатовати да колица 1 прелазе исто растојање док друга колица прелазе два пута мање растојање за исто време, односно средња брзина других колица је два пута мања.



Слика.6.2. Шема огледа “Однос интензитета брзина које су постигнуте узајамним деловањем два тела различитих маса”

За тело које при узајамном деловању стекне мању брзину кажемо да је инертније него друго тело. Инертност је суштинско својство сваког тела. Величина којом се квантитативно карактерише инертност тела назива се *маса*.

Маса је мера инертности тела када се оно транслаторно креће.

Однос интензитета средњих брзина које су постигнуте узајамним деловањем двају тела обрнуто је сразмерно њиховим масама.

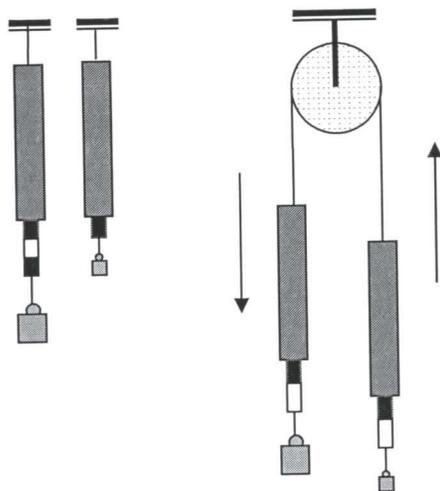
$$\frac{\bar{v}_1}{\bar{v}_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

Ајнштајн је показао да је инертна маса једнака гравитационој и да њено различито појављивање долази од специјалних особина простора, времена и материје.

Маса је једна од основних величина у интернационалном систему величина и мера (СИ систем). Јединица за масу је килограм (kg), што је изузетак од правила да основна јединица не садржи префикс. У ЦГС систему је јединица грам, али се овај систем ретко користи. Други изузетак је у томе да је и дан данас еталон за масу исти ваљак од легуре иридијума и платине висине и пречника 39 mm.

7. Динамометар у инерцијалном и неинерцијалном систему

За непосредно мерење силе (тежине) у „инерцијалном систему” користимо динамометар. Шта динамометар показује у неинерцијалном систему као на слици?



Слика.7. Шема огледа “Мерење тежине тела и мерење силе затезања нити”

Два динамомера занемарљивих маса повезана преко лаке неистегљиве нити која је пребачена преко котута (слика). За крајеве динамометра поставимо два тега различитих маса ($m_1 > m_2$), чије смо тежине предходно одредили.

Пуштањем тегова, услед гравитационог деловања започиње кретање система и за веома кратко време то кретање је равномерно убрзано. Тегови се крећу истим убрзањем јер је у питању неистегљива нит (у првом моменту различита истезања динамометара занемарити). Тег веће масе креће се вертикално на доле док тег мање масе креће се вертикално на горе. Ако посматрамо силе које показују динамометри, уочавамо да су те силе истих интензитета. У овом случају динамометар показује силу затезања нити:

$$T_1 = m_1 g - m_1 a = m_1 (g - a); \quad T_2 = m_2 g + m_2 a .$$

Из експеримента видимо да је:

$$T_1 = T_2$$

односно:

$$m_1 g - m_1 a = m_2 g + m_2 a \rightarrow a = \frac{(m_1 - m_2)g}{m_1 + m_2} .$$

Ако су познате масе тегова моћемо одредити убрзање.

8. ЗАКЉУЧАК

Приказана је обрада наставне јединице „Закон инерције”.

Обрађује се у VI разреду основне школе и у I разреда средње школе. У основној школи кроз редовну наставу ученици се упознавају само о појму инерције, тј. својству да свако материјално тело тежи да задржи првобитно стање.

Да би се на што једноставнији начин обрадила ова наставна јединица и кориговале најчешће грешке које ученици праве код примене инерције (на пример због погрешног система референције из ког посматрају, не узимања у обзир инерције ..) коришћени су као демонстрациони огледи једноставни огледи типа “Уради сам ” . Демонстрациони огледи који су коришћени при обради наведене наставне јединице у VI (само у шестом?) разреду су:

1. Новчић и чаша
2. Кидање конца између два тег
3. Кидање конца
4. Куглица и чаша
5. Цилиндар на колицима
6. Извлачење књиге из гомиле књига
7. Избацивање блока
8. Навлачење чекића на држач
9. Извадити или ставити нож у столарско ренде
10. Извадити папир испод чаше а да се вода не пролије.

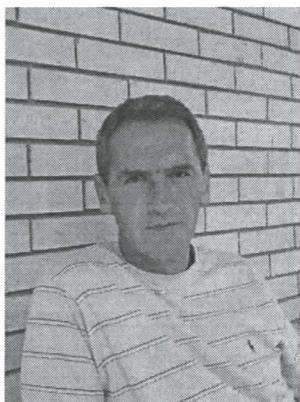
Извиђењем наведених огледа приказана је примена закона динамике у инерцијалним системима. Кроз додатну наставу у VII разреду са надареним ученицима проучава се примена закона и у неинерцијалном систему.

Преко мере инертности тела ученици у VI разреду обрађују масу. За тело које услед узајамног деловања добије мању брзину каже се да је масивније, односно да је његова *маса* већа. Мерењем промене брзине тела при њиховом узајамном деловању могу се упоређивати масе ових тела.

9. Литература:

1. И. Е. Иродов: *Основни закони механике*, Наука, Москва (1979).
2. Др Душанка Ж. Обадовић: *Једноставни експерименти у настави физике*, *Скрипта.*, Нови Сад (2006/2007).
3. Млађен Младеновић: *Развој физике – механика и гравитација*. ИРО грађевинска књига, Београд.
4. Д. В. Сивухин: *Општи курс физике*, Наука, Москва (1956).
5. Б. М. Јаворскиј, А. А. Пинскиј: *Основе физике*. Наука, Москва (1975).
6. <http://www.b92.net/info/zivot/nauka.php>
7. Википедија: *Исак Њутн*
8. Емило Даниловић, др Милан Распоповић, др Светозар Божић: *Физика за први разред гимназије, седмо издање*. Београд (1998)
9. <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/sr/0/0f/Archimedes.jpg>

10. Биографија



Бранко Богосављевић, рођен 31. 12. 1961. године у Лозници. Основну школу завршио у Липничком Шору код Лознице, средњу машинску у Лозници. 1982. године завршио студије на Вишој педагошкој у Тузли. Као наставник математике - физике у радном односу од 1983. године, ради у ОШ „Анта Богићевић” Лозница.

Демонстрациони огледи у обради теме „Закон инерције”

UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije: Monografska dokumentacija

TD

Tip zapisa: Tekstualni štampani materijal

TZ

Vrsta rada: Diplomski rad

VR

Autor: Branko Bogosavljević

AU

Mentor: Dr. Dušanka Obadović, red.prof.

MN

Naslov rada: Demonstracioni ogledi u obradi teme »Zakon inercije«

NR

Jezik publikacije: srpski (ćirilica)

JP

Jezik izvoda: srpski/engleski

JI

Zemlja publikovanja: Srbija i Crna Gora

ZP

Uže geografsko područje: Vojvodina

UGP

Godina: 2007

GO

Izdavač: Autorski reprint

IZ

Mesto i adresa: Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad

MA

Fizički opis rada: 8/48/-/17/-/-/

FO

Naučna oblast: fizika

NO

Naučna disciplina: Demonstracioni eksperiment u nastavi

ND

Predmetna odrednica/ ključne reči: Njutnovi zakoni, inercija, inertnost, inercijalni sistem referencije, masa, sila.

PO

UDK

Čuva se: Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu

ČU

Važna napomena: nema

VN

Izvod:

IZ

Prikazana je obrada teme zakon inercije. Tema je obrađena eksperimentalno uz odgovarajuće teorijsku interpretaciju. Da bi se na što jednostavniji način obradila ova nastavna jedinica i korigovale najčešće greške koje učenici prave kod primene inercije (zbog pogrešnog sistema referencije iz kog posmatraju, ne uzimaju u obzir inerciju...) korišćeni su kao demonstracioni ogledi jednostavni ogledi tipa "Uradi sam". Realizovani su sledeći

Демонстрациони огледи у обради теме „Закон инерције”

demonstracioni ogledi: Novčić i čaša, Kidanje konca između dva tega, Kidanje konca, Kuglica i čaša, Cilindar na kolicima, Izvlačenje knjiga iz gomile knjiga, Izbacivanje bloka, Navlačenje čekića na držač, Izvaditi ili staviti nož u stolarsko rende, Izvaditi papir ispod čaše a da se voda ne prolije.

Datum prihvatanja teme od NN veća: 24.07. 2007.

DP

Datum odbrane: 30. 08. 2007.

DO

Članovi komisije:

KO

Predsednik: Dr. Milan Pantić, vanr. prof.

član: Dr. Srđan Rakić, docent

član: Dr. Dušanka Obadović, red.prof.

Демонстрациони огледи у обради теме „Закон инерције”

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: Brenko Bogosavljević

AU

Mentor/comentor: PhD Dušanka Obadović, full professor

MN

Title: Demonstrational experiments dealing with the theme „The Law of inertia“

TI

Language of text: Serbian (cirilic)

LT

Language of abstract: English

LA

Country of publication: Serbia and Montenegro

CP

Locality of publication: Vojvodina

LP

Publication year: 2007

PY

Publisher: Author's reprint

PU

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

PP

Physical description: 8/48/-/17/-/-/

PD

Scientific field: Physics

SF

Scientific discipline: Demonstrational experiments in teaching

SD

Subject/ Key words: Newton's Laws, Inertia, Mass, Force

SKW

UC

Holding data: Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4

HD

Note: none

N

Abstract: The presentation of inertia law is shown. The subject was experimentally prepared, followed by theoretican interpretation. In odred to present this unit and to correct the commonest mistakes that students often make while applying the inertia (due to the wrong inertial system, they don't

Демонстрациони огледи у обради теме „Закон инерције”

take inertia into account...), simple demonstrative experiments were done, based on the principle „Do it by yourself”. Following demonstrative experiments were carried out: A coin and a glass, thread tearing, a small ball and a glass a model cart cylinder, a book drawing out of the book pile, throwing a block out, putting a hammer onto the holder, drawing out or insertion of a knife in the carpenters plane, pulling the paper from under the glass without its spilling.

AB

Accepted by the Scientific Board: 24. 07. 2007.

ASB

Defended on: 30. 08. 2007.

DE

Thesis defend board:

DB

President: PhD Milan Pantić, associate professor

Member: PhD Srđan Rakić, assistant professor

Member: PhD Dušanka Obadović, full professor