



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ПРИРОДНО - МАТЕМАТИЧКИ  
ФАКУЛТЕТ  
ДЕПАРТМАН ЗА ФИЗИКУ



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ПРИРОДНО - МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ПРИМЛИБИЛИ	23	10
ПРИМЛИБИЛИ	10	10
0603	10	11

**Мултимедијални експерименти у области закона  
одржања у настави физике у средњим школама  
- мастер рад -**

Ментор:  
др Соња Скубан

Кандидат:  
Љиљана Станивук

Нови Сад, 2010.

---

*Приликом избора теме завршног рада и током осмишљавања његове концепције имала сам велику помоћ своје менторке др Соње Скубан.*

*Захваљујем се менторки на свим корисним сугестијама током израде овог мастер рада.*

---

## Садржај:

1. Увод .....	1
2. Улога мултимедија у настави физике .....	2
2.1. Наставни методи у физици.....	2
2.2. Дидактички принципи у настави физике .....	3
2.3. Закони одржања у програму физике за ученике средњих стручних школа	5
2.4. Експеримент и мултимедија.....	6
3. Закони одржања .....	10
3.1. Изолован физички систем.....	10
3.2. Општи карактер закона одржања .....	10
3.3. Закон одржања импулса.....	11
3.3.1. Примери примене закона одржања импулса .....	12
3.4. Закон одржања момента импулса .....	14
3.4.1. Примери примене закона одржања момента импулса .....	14
3.5. Закон одржања енергије у механици.....	17
3.5.1. Примери примене закона одржања енергије.....	18
4. Примери мултимедијалних експеримената .....	22
4.1. Закон одржања импулса.....	22
4.1.1. Снимак реактивног кретања ракете.....	22
4.1.2. Анимација узмака код пуцња .....	22
4.1.3. Еластични и нееластични судари у бестежинском стању.....	23
4.1.4. Експлозија.....	23
4.1.5. Направите реактивна колица.....	24
4.1.6. Колица на „ракетни погон“ .....	24
4.1.7. Експериментална провера закона одржања импулса код нееластичног судара.....	25
4.2. Закон одржања момента импулса.....	25
4.2.1. Кретање планета.....	25
4.2.2. Пируета .....	26
4.2.3. Жироскоп .....	26
4.3. Закон одржања енергије .....	27
4.3.1. Провера закона одржања енергије помоћу клатна.....	27
4.3.2. Максвелов диск.....	27
4.3.3. Идеја експерименталне провере закона одржања енергије .....	28

4.3.4. PhET анимација.....	29
4.3.5. Мисаони експеримент са тегом и колицима .....	29
4.3.6. Бернулијева једначина.....	31
5. Закључак.....	32
Литература.....	33
Биографија .....	34
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA .....	35
KEY WORDS DOCUMENTATION .....	37

## 1. Увод

Модернизација друштва и усмереност ка економском и технолошком развоју подразумевају иновирање како општих, тако и специфичних циљева стручног образовања. У том смислу стручно образовање у Србији ће, пре свега, бити усмерено на стицање стручних знања и развој кључних способности и вештина неопходних за успешан рад, даље учење и постизање веће флексибилности у савлађивању променљивих захтева света рада и друштва у целини и већу мобилност радне снаге.

Општи циљ средњег стручног образовања јесте да обезбеђује могућност младима и одраслима да стекну знања, вештине и способности (радне компетенције) и запошљавање, даље образовање и учење. Прецизније, средње стручно образовање треба да омогући:

- стицање занимања и квалификација, односно релевантних радних компетенција, ставова, знања и вештина неопходних за рад у одређеном подручју рада;
- стицање иницијалног и континуираног стручног образовања и усавршавања;
- обезбеђивање неопходних предуслова за добијање посла и економску независност;
- развој способности, талената и потенцијала и лично самоиспуњење.

Укупна организација образовања, наставе и учења у средњем стручном образовању базира се на идеји о исходима, односно прецизном и недвосмисленом дефинисању онога што ученици знају и у стању су да ураде по завршетку процеса образовања, односно одређеног програма и на јасној организационој, дидактичко-методичкој артикулацији начина постигнућа исхода. Усмереност на исходе је подршка институционалној и програмској разноврсности. Инсистира се на једнакости исхода (без обзира на време, место образовања и учења, усмереност на младе или одрасле), а на разноликости могућности, начина и путева у њиховом постизању.<sup>1</sup>

Заинтересованост ученика који упишу средњу школу делимично се може наслутити из истраживања распрострањености интересовања ученика за наставне предмете (Бодрошки, Б.), 1995. Испитано је 617 ученика основних школа у Београду и дошло се до података датих у табели 1.



<sup>1</sup> Концепција средњег стручног образовања у Србији - МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ И СПОРТА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ, Београд, 2004.

p	Предмет	Zainteresovanost		Ambivalentnost		Nezainteresovanost	
		Број уџеника	%	Број уџеника	%	Број уџеника	%
1	Физиџко	514	83.3	63	10.2	40	6.5
2	Биологија	403	65.3	151	24.5	63	10.2
3	Страни језик	376	60.9	145	23.5	96	15.6
4	Геологија	303	49.1	204	33.1	110	17.8
5	Историја	285	46.2	195	31.0	137	22.2
6	Ликовно	261	42.3	107	27.6	186	30.1
7	Техничко	249	40.4	123	19.9	245	39.7
8	Српски језик	244	39.5	240	38.9	133	21.6
9	Немија	233	37.8	209	33.9	175	28.4
10	Музичко	232	37.0	188	30.5	197	31.9
11	Математика	205	33.2	164	26.0	248	40.2
12	Физика	127	20.6	190 <sup>2</sup>	30.8	300	48.6

Табела 1

На основу истраживања Републичког завода за унапређење васпитања и образовања у Београду (1997.) деца су у VIII разреду означила физику као један од најтежих предмета, тежи дакле и од математике.<sup>2</sup>

## 2. Улога мултимедија у настави физике

### 2.1. Наставни методи у физици

У настави физике, као и код сваког другог предмета, неопходно је предвидети облике рада, методе сваке тематске јединице, наставна средства, стручну литературу која се при томе користи, начине утврђивања и понављања градива, проверу и оцењивање ученика.

Постоји више различитих подела наставних метода, у зависности од:

- облика организације рада, односно активности наставника и ученика на часу
- извору стицања знања
- карактеру активности ученика

<sup>2</sup> Кука, Мирослав, Школа као чинилац развоја интересовања ученика за наставу физике, Ауторско издање, Београд 2003.

Ипак, најчешће је у употреби следећа подела наставних метода која је у складу не само са природом, логиком и специфичностима наставе физике, него и са историјским развојем физике као науке у наставне дисциплине:

1. Вербални метод – монолошки (усмено излагање: предавање, причање, приповедање, описивање, објашњавање) и дијалогски (репродуктивни разговор – питања и одговори, хеуристички разговор, слободни одговор, дискусија, расправа итд.)
2. Текстовно – графички метод (рад на тексту, писани и графички радови)
3. Илустрационо – демонстрациони методи (демонстрациони огледи, показивање и приказивање модела, шема, скица, слика, прибора, уређаја, инструмената, радио- и тв-емисија, филмова и друге врсте пројекција)
4. Методи практичних радова (лабораторијски експерименти и практични радови)<sup>3</sup>

## 2.2. Дидактички принципи у настави физике

Дидактички принципи су општи ставови који су произашли из праксе и служе пракси, а изражавају компоненте наставе као планираног и организованог образовно – васпитног процеса.

У настави физике посебан значај имају следећи дидактички принципи:

- **Принцип научности и систематичности** – овај принцип непосредно произилази из научне заснованости наставног процеса, а подразумева се да садржаји треба да буду у складу са стањем у савременој науци. Суштина овог принципа огледа се у начину интерпретације наставног градива, на усавршавање наставних метода и поступака, примену разноврсних облика извођења наставе. Овај принцип подразумева јединство теорије и праксе. Принцип систематичности поставља захтев да редослед обраде градива мора да буде такав да ново проистиче из старог у логичком следу.
- **Принцип очигледности** – основни смисао овог дидактичког принципа је да се ученицима приближе објекти, појаве, њихове везе, односи и законитости. Нека истраживања показују да 80% наших сазнања добијамо посредством чула вида, око 10% слушањем, а остатак информација, испод 10%, примамо помоћу осталих чула. Очигледност у настави физике се остварује демонстрационим експериментима, техничким средствима, уређајима, моделима, лабораторијским вежбама, коришћењем цртежа, графикана, табела... Треба имати на уму да очигледност није циљ, већ средство наставе. Наставник мора да нађе равнотежу између принципа очигледности и осталих принципа, јер се глорификовањем принципа очигледности може догодити да се учениково мишљење задржава на перцептивном нивоу и тиме успорава развој појмовног и апстрактног мишљења.
- **Принцип повезаности теорије и праксе, експеримента** – теорија и пракса у физици нераскидиво су повезане и испреpletане одувек. Некада су открића у теорији претходила примени, а некада су се открића дешавала и примењивала, а теоријска објашњења су стизала касније. Код ученика треба градити

---

<sup>3</sup> Распоповић, О.Милан, *Методика наставе физике*

способност стваралачког мишљења, спремност и отвореност за нова сазнања и решавање различитих проблема и потреба.

- **Принцип свесне активности** – овај принцип изражава општи став којим се исказује да ученик није објекат, него субјекат наставног процеса. Истиче се потреба да се код сваког појединца развије жеља да самостално, аналитички и критично, не рутински, шаблонски или догматично у мишљењу и поступцима учествује у извршавању својих обавеза и задатака.
- **Принцип трајности усвојеног знања, навика и вештина** – један од основних задатака наставе физике огледа се у овом принципу. Остваривањем овог принципа обезбеђује се континуалност у образовно – васпитном процесу, сазнајну целовитост, логичко мишљење.
- **Принцип индивидуализације наставног рада** – Познато је да не постоје два ученика који исто градиво усвајају на идентичан начин, једнаком брзином и ефикасношћу. Стога се одавно исти приступ свим ученицима, оријентишући се ка „просечном“ ученику сматра правазиђеним. Последица тог, традиционалног, и још увек заступљеног начина рада је да се талентовани ђаци задржавају и гуше у развоју, док „слабији“ ученици не успевају да прате наставу и заостају. Индивидуализовани рад обезбеђује да сваки ученик самостално учествује у решавању задатака, реализовању практичних, експерименталних вежби као и другим врстама учења.
- **Принцип поступности** – садржај, смисао и поруке овог принципа су у правилима: од познатог ка непознатом, од „лакшег“ ка „тежем“, од очигледног ка мање очигледном, од једноставнијег ка сложенијем...
- **Принцип прилагођености (примерености) наставе** – Коменски: „*Не наметати уму ништа што не одговара узрасту*“<sup>4</sup>. Садржај и обим наставног градива, ниво интерпретације и начин усвајања морају да одговарају психолошким и интелектуалним могућностима ученика и њиховом интересовању. Ово не значи да наставу треба свести на ниво банализације.
- **Принцип антиципације** – наставник треба повремено да информише ученике (бар начелно) о најновијим истраживањима у физици и њиховим могућим применама
- **Принцип интегралности** – привидно изоловане области проучавања физике међусобно су тесно повезане. Код ученика треба градити свест о повезаности не само знања из различитих области физике, већ успостављати корелације и са другим предметима са циљем форморања кохерентног система знања.
- **Принцип идејне усмерености** – овај принцип налази свој израз у односу ученика према природној и друштвеној стварности, као и у односу према самом себи. Овај принцип могао би се усмерити на развијање и афирмисање еколошке свести ученика, на социјалну свест...
- **Принцип хуманизма** – основни смисао овог принципа је поштовање личности која се образује и васпитава, веровање у позитиван развој младог човека, убеђеност у коначан успех. А.С.Макаренко „*Мој основни принцип био је увек: што више захтева према човеку, али уједно и шро више поштовања његове личности... Када од човека захтевамо, већ у томе се састоји и наше поштовање*“.

---

<sup>4</sup> Ђорђевић, Јован; Поткоњак, Никола – Педагогија, Научна књига, Београд

### 2.3. Закони одржања у програму физике за ученике средњих стручних школа

Програм наставе физике за све разреде основне и средње школе садржи и обавезан минимум демонстрационих огледа за сваку тематку целину. Осим тих огледа, наставник може да уведе одређена проширења, замене и допуне да би још више обогатио и осмислио експерименталну основу наставе физике.

У средњим стручним школама, физика се најчешће изучава са 2 часа недељно, са годишњим фондом 70 часова, током прве две године школовања. Демонстрациони огледи који су предвиђени у настави физике за I разред за четворогодишње стручне спреме који физику имају две године, у оквиру наставне теме Закони одржања су:

1. Закон одржања импулса
  - a. помоћу колица са опругом
  - b. кретање колица са епруветом у којој се вода загрева и прелази у пару
  - c. нееластичан судар куглица од пластелина
2. Закон одржања момента импулса
  - a. жirosкопски ефекат, стабилност осе ротације и чигра
3. Закон одржања енергије
  - a. осциловање тега на опрузи
  - b. одскок лоптице за стони тенис
  - c. Максвелов диск
  - d. еластични судар двеју челичних, гумених или билијарских кугли<sup>5</sup>

Демонстрације и илустрације освежавају наставни процес и знатно олакшавају ученицима да схвате сложеније проблеме и обезбеђују трајније усвајање школског знања.

Само једна експериментална вежба предвиђена је програмом из области закона одржања. То је

- Провера закона одржања енергије помоћу колица са тегом

Циљеви наставе физике који се односе на област закона одржања која се, као посебна целина учи у првој години школовања су:

- развијање способности за уочавање, анализирање и решавање проблема.
- развијање свести о сопственим знањима и способностима.

Очекивани исходи по завршетку првог разреда из ове области:

- ученик ће разумети законе одржања: импулса, механичке енергије и момента импулса;
- примењивати законе одржања при решавању једноставнијих проблема.

---

<sup>5</sup> Службени гласник СР Србије - Просветни гласник, број 6,1990.

## 2.4. Експеримент и мултимедија

Закључци се у физици доносе на основу посматрања и експеримената (природа је сложена, треба у маси ствари уочити повезане).

*Посматрање* – испитивање појава које се дешавају независно од воље истраживача, у природним околностима.

*Експеримент* – извођење појаве у условима које је створио истраживач

Павлов – *„Посматрањем се сакупља оно што нам пружа природа, док се експериментом сакупља у природи оно што посматрач жели.“*

Експеримент је праћен сложеним умним радњама ученика (индуктивне и дедуктивне).

Експеримент је део истраживања чији је циљ изграђивање физичке теорије. Научна теорија представља велики број чињеница и појава које се њоме систематизују и објашњавају, а наше знање се проширује и рационализује. Њоме се предвиђају нове чињенице и појаве и нови закони.

Експеримент не сме да буде одвојен од наставног процеса већ да буде органски повезан са њиме.

Реч Мултимедија користимо када говоримо о садржајима и информацијама за чију перцепцију користимо више чула истовремено. За разлику од текста, информацију представљају слика, текст, звук и покретне слике. Овако добијамо богатију и бољу презентацију информације.

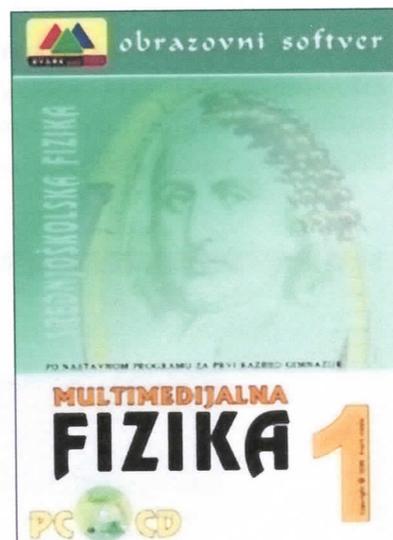
Опремљеност већине школских кабинета за физику у нашој земљи, на жалост, веома је скромна, а неретко кабинети и не постоје. Ово се нарочито односи на средње стручне школе у којима је акценат на стручним предметима, док се општи предмети маргинализују. Криза кроз коју је наше друштво пролазило одразило се и на вољу запослених да наставе са процесом континуираног учења... У последњих десетак година сведоци смо одређених помака у нивоу опремљености школа прибором и наставним средствима, мада је то још увек недовољно. Већина школа данас поседује бар један преносиви рачунар и пројектор.

За разумевање појава које проучава физика, није довољно ослонити се на класичну наставу. Ученицима треба што је чешће могуће, показати (демонстрирати) појаве из природе на које се односило градиво са циљем што боље имплементације наученог. Треба имати у виду потребе и интересовања ученика. Неретко физика мора да се „избори“ за место у списку предмета за које је ученик заинтересован. У циљу популаризације ове науке, неопходно је навести ученике да „угледају“ физику у свету око себе и покушају да нађу смисао у једноставним и очигледним примерима из градива.

Физика је експериментална наука и сам поступак мерења је драгоценост за ученике које мултимедија не може да замени у потпуности. Симулација није експеримент. Анимација такође. Ипак, мишљења сам да, док паралелно ради на што квалитетнијем опремању кабинета, наставник мора да искористи благодети које савремена информациона техника нуди. Оправдање за овај став потражићу и у самом начину проучавања физике као науке – када није могуће проучити појаву у контролисаним, лабораторијским условима, појава се проучава посматрањем, тамо где се одвија.

Постоји неколико различитих начина примене мултимедија у едукацији:

1. Коришћење самосталних производа на медију – када корисник користи cd или dvd на којем се налази програм за интерактивно учење на свом рачунару. (Слика бр. 1 Образовни софтвер)
2. „on line“ едукација – уз одређену новчану надокнаду корисници могу приступити web страницама са лекцијама из одређених области за које се определе, и коришћењем интернета, размењивати искуства и добити одговарајуће одговоре
3. учење на даљину – овај начин учења захтава брзу интернет конекцију и одговарајућу опрему за размену слике у звука – камера у учионици и код корисника (опционо), микрофони у учионици и код корисника... Овај начин учења код нас још увек није заступљен.



Слика бр. 1 Образовни софтвер

Појавом јефтиних личних рачунара појављују се материјали за учење који користе могућности рачунара - да се направе лекције које осим текста носе и звук, слику или филмске записе, али и могућност да се направе интерактивни образовни материјали и тестови знања и вештина. Ови образовни материјали се у почетку дистрибуирају на дискетама, касније на компакт дисковима и путем Интернета. Учење уз помоћ рачунара добија назив електронско учење (скраћено е-учење, енг. e-learning).

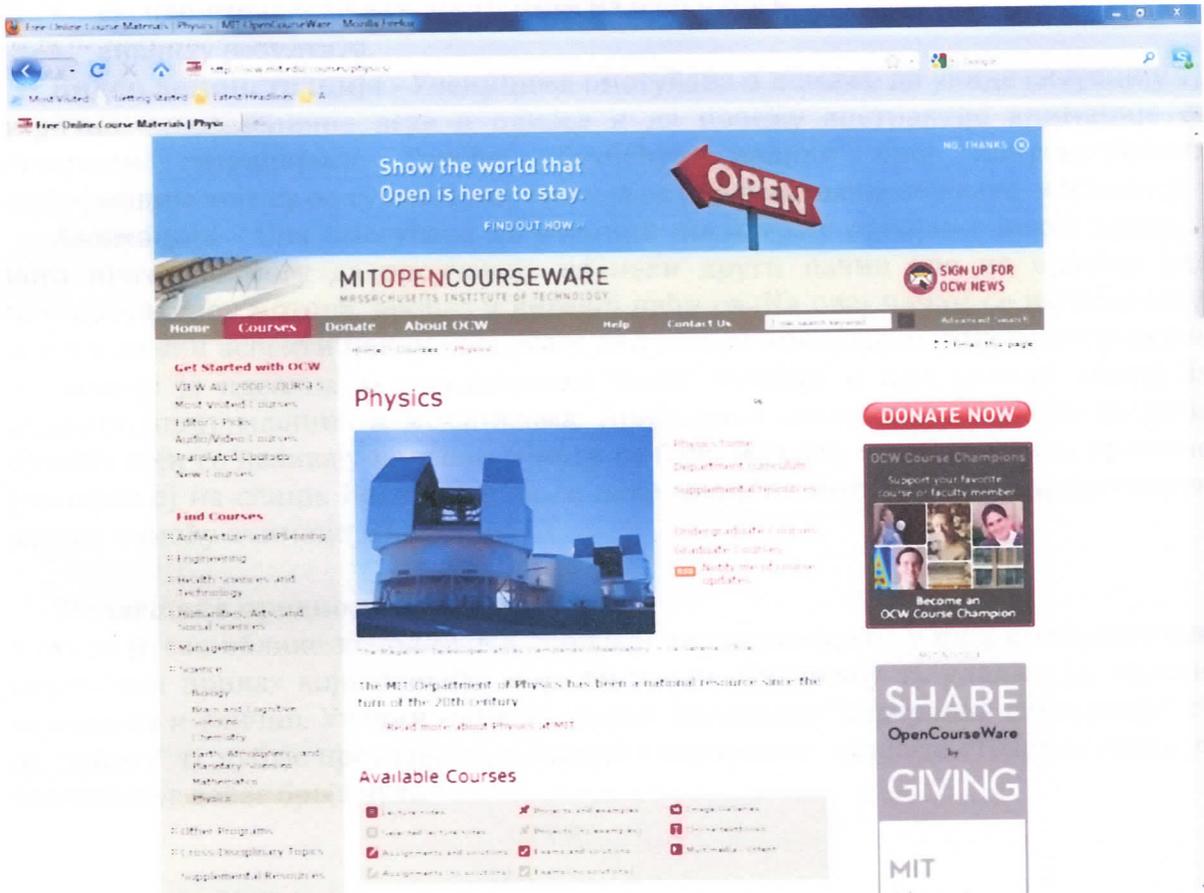
Нове могућности за јефтино снимање и монтирање филмова или обраду звука и слике, раније доступне само професионалним продуцентским кућама сада су постале приступачне школама и наставницима, свима којима је доступан лични рачунар. Отворене су могућности да мултимедијалне образовне садржаје праве широки кругови наставника, а појавом Интернета и могућност да се ови садржаји размењују широм света.

Мноштво идеја и могућност њихове брзе размене и дистрибуције посредством Интернета значајно је побољшало квалитет образовног материјала, а појавило се и интересовање за коришћење нових за индивидуализацију процеса учења. Уочена је могућност да се приказ и дизајн образовног материјала прилагоди ученицима са посебним потребама (нпр. коришћење исписа врло великим словима на екрану за слабовиде ученике или емитовање звука посредством рачунара и звучника који носи прочитани текст уместо исписа текста). Талентовани ученици заинтересовани за области у којима постоји веома мали број стручних наставника могу посредством Интернета да уче од наставника који се налазе на другом крају света. Могућности да се учење прилагоди потребама и предиспозицијама појединца деловале су неограничено.

Стварност је показала да су многа очекивања од е-учења била претерана. Иако је увођење е-учења, нарочито у факултетско образовање, за многе образовне институције постала добра економска прилика за неке и законска обавеза, за сада су могућности које овај вид учења пружа слабо искоришћене.

Највећу улогу у брзом развоју е-учења има Интернет и његов развој. Ученику је потребан рачунар и Интернет веза да би могао да приступа ресурсима за учење које такође преузима са Интернета.<sup>6</sup>

На Интернету постоји велики број бесплатних Web страна за учење на даљину, са изузетно корисним и разноврсним садржајима. Чувени MIT (Massachusetts Institute of Technology) је поставио отворени систем за приступ својим наставним садржајима на адреси <http://ocw.mit.edu> (Слика бр. 2 Пример бесплатне интернет странице за учење на даљину).



Слика бр. 2 Пример бесплатне интернет странице за учење на даљину

Информациона технологија поспешује и убрзава процес учења тиме што обезбеђује разноврсне изворе знања, подршку и подстицај, интеракцију, реалистичке ситуације, симулације, анимације...

**Симулација** ("интелектуални експеримент") - Компјутер има могућност да прикаже неку стварност у односу на постојеће услове и параметре и да те услове може мењати по жељи и анализирати резултате постигнуте тим мењањем. Симулирати се могу најједноставнији процеси почевши од симулирања рада неких машина (авиона, аутомобила) до симулирања сложених процеса код атомских реактора, хемијских појава, итд. Реч симулација има различита значења. У говорном језику значи, претварање, опонашање, итд. Симулациони модел представља модел у рачунару, а спроводи се кодирањем. Симулациони модел је софтвер и он омогућава да се једноставно дође до концепцијског модела, до верификованог програма. Симулациони језици су углавном сложени, тј. њихово

<sup>6</sup> Електронско учење – Microsoft – Партнер у учењу

разумевање је сложеније од разумевања симулационог система. Симулација, у ширем смислу, је поступак који обједињава:

- снимање података на реалном систему,
- експериментисање на реалном систему,
- формулисање теорије,
- изградњу концепцијског модела,
- програмирање,
- планирање експеримената на рачунару,
- експериментисање са програмом на рачунару и
- анализу резултата.

**Видео демонстрација** - Ученицима омогућава и помаже да увиде ситуацију тј. узрочно - последичне везе и односе и да повежу апстрактне анимације са стварним ситуацијама. Такође обезбеђује велики број контекстуалних информација које су од суштинског значаја за препознавање објеката, места итд.

**Анимација** - Она омогућава да ученици посматрају одвијање неког процеса кога иначе не могу да проучавају на неки други начин као на пример рад четворотактног мотора, процес у високој пећи сл. На овај начин се наглашавају, истичу важни аспекти неких процеса и оно што је невидљиво постаје видљивим. Анимација је идеална за приказивање неког процеса и има велики значај за демонстрацију машина и механизма. Анимирана секвенца састоји се од низа цртежа који се називају кадрови и могу се брзо мењати и приказивати промене (померање) на слици. Нагласимо да се неке промене могу успешно представити једино помоћу анимације.<sup>7</sup>

### **Педагошке предности**

Могуће је све облике испољавања спољњег света уградити у овај интерактивни виртуелни приказ који понекад није доступан сазнавању тј. удаљен је, опасан, невидљив и слично. Ученик може да прави такозване "виртуелне екскурзије" тј. да "урања" тј. дубље проучава одговарајуће виртуелне приказе стварног света уз коришћење већег броја чула.<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> Radenković, B., Stanojević, M.: Računarska simulacija, Beograd, 2001.

<sup>8</sup> Проф. др Слободан Попов - Методика примене мултимедија у настави Техничко и информатичко образовање

### 3. Закони одржања

Усклађеност са законима одржања представља поуздан критеријум за проверу исправности неке физичке теорије, теоријске претпоставке или модела техничког уређаја – ако је нема, теорија се одбацује, коригује, преиспитује или приступа тражењу нових решења.

У даљем тексту, наше разматрање односи се на нерелативистичку (класичну) физику, тако да ћемо сматрати да маса тела не зависи од његове брзине.

#### 3.1. Изолован физички систем

Физички систем је скуп од два или више тела (или честица) који могу узајамно да делују, али и да узајамно делују и са телима изван тог система. Силе којима узајамно делују тела унутар физичког система називају се унутрашње силе. Спољашње силе су оне којима тела из система делују са телима изван физичког система.

Изолован физички систем је скуп два или више тела (или честица) које само узајамно делују. Спољашње силе:

- или не делују,
- или је њихов збир једнак нули,
- или се те силе могу занемарити.

Сви закони одржања важе у изолованим физичким системима као целини, а не важе за делове физичког система (неизоловане подскупове тела или честица).

#### 3.2. Општи карактер закона одржања

Закони одржања важе у свим областима проучавања физике, од микросвета (молекула, атома и њихових саставних честица) до света огромних космичких објеката. Ово је разлог да се за њих каже да имају општи карактер.

Неке физичке величине које се под одређеним условима не мењају су скаларне (маса, енергија), док су друге (импулс, момент импулса) векторске. Код скаларних величина одржава се њихова вредност, а код векторских величина поред интензитета, одржавају се и њихови правац и смер.

У општем случају закон одржања формулише се у следећим облицима:

*Укупна вредност дате физичке величине у изолованом систему тела (честица) не мења се без обзира на промене унутар система.*

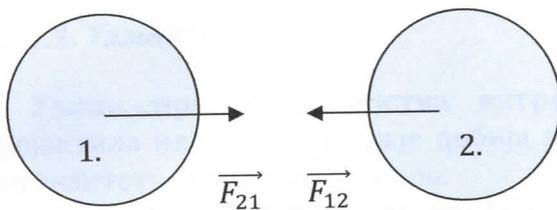
или:

*Не постоји процес који би у изолованом физичком систему довео до промене укупне вредности дате физичке величине.*

### 3.3. Закон одржања импулса

На примеру узајамног деловања два тела у изолованом физичком систему, уз познавање закона акције и реакције и основног закона динамике, можемо се уверити у једноставност и истинитост чињенице да се укупан импулс тела у изолованом физичком систему не мења.

Ако у тренутку  $t$  прво тело, чији је импулс  $\vec{p}_1$  делује на друго силом  $\vec{F}_{12}$ , а друго тело (са импулсом  $\vec{p}_2$ ) нека делује на прво тело силом  $\vec{F}_{21}$ . После неког времена, у тренутку  $t'$ , импулси тела ће се променити и добити вредности  $\vec{p}_1'$  и  $\vec{p}_2'$ .



Слика бр. 3 Закон акције и реакције

Промене импулса код ових тела одговарају силама које су на њих деловале:

$$\frac{\vec{p}_1' - \vec{p}_1}{\Delta t} = \vec{F}_{21}$$

$$\frac{\vec{p}_2' - \vec{p}_2}{\Delta t} = \vec{F}_{12}$$

Ове две силе су, на основу трећег Њутновог закона:

$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$$

па је:

$$\frac{\vec{p}_1' - \vec{p}_1}{\Delta t} = -\frac{\vec{p}_2' - \vec{p}_2}{\Delta t}$$

односно:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2'$$

Укупан импулс изолованог система тела (честица) у изолованом физичком систему не мења се током времена (остаје константан):

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \dots + \vec{p}_n = const$$

или:

$$\sum_{i=1}^n \vec{p}_i = const, \quad \text{за } \vec{F}_{sp} = 0$$

где је  $\vec{F}_{sp}$  резултанта спољашњих сила.

Изолован физички систем увек је инерцијални систем.

Закон инерције (Први Њутнов закон) може се сматрати последицом закона одржања импулса. Ако у инерцијалом референтном систему посматрамо тело масе  $m$  које се креће брзином  $v$ , импулс тог тела биће:

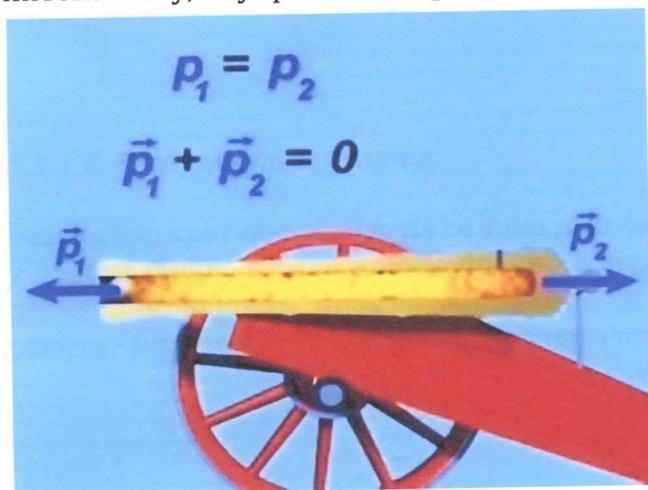
$$\vec{p} = m\vec{v} = \text{const}, \text{ за } \vec{F}_{sp} = 0$$

С обзиром да се маса тела у класичној механици не мења, можемо извући закључак да ће се тело кретати сталном брзином ако на њега не делује сила.

### 3.3.1. Примери примене закона одржања импулса

#### 3.3.1.1. Узмак

1. Узмак приликом дејства ватреног оружја, у тренутку испаливања пројектила или метка, оружје добија импулс једнак импулсу метка по правцу и интензитету, а супротног смера:



Слика бр. 4 Узмак приликом дејства ватреног оружја

Ако је маса метка  $m_1$ , а оружја  $m_2$  и ако је брзина коју је имао метак приликом испаливања  $\vec{v}_1$ , тада су импулси ових тела:

$$\vec{p}_1 = m_1\vec{v}_1$$

и

$$\vec{p}_2 = m_2\vec{v}_2$$

Укупан импулс на почетку био је једнак нули, па се може тврдити и да ће то бити тачно и у тренутку испаливања метка:

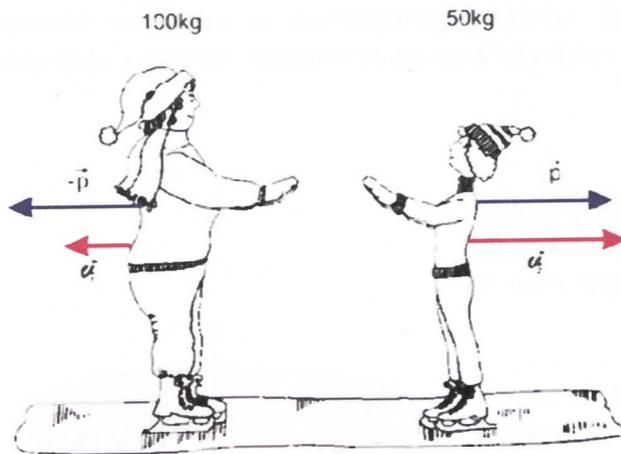
$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = 0$$

Значи:  $\vec{p}_1 = -\vec{p}_2$ , односно  $m_1\vec{v}_1 = -m_2\vec{v}_2$

Дакле, вредност брзине коју има оружје је:

$$v_2 = \frac{m_1 v_1}{m_2}$$

## 2. Узмак клизача на леду

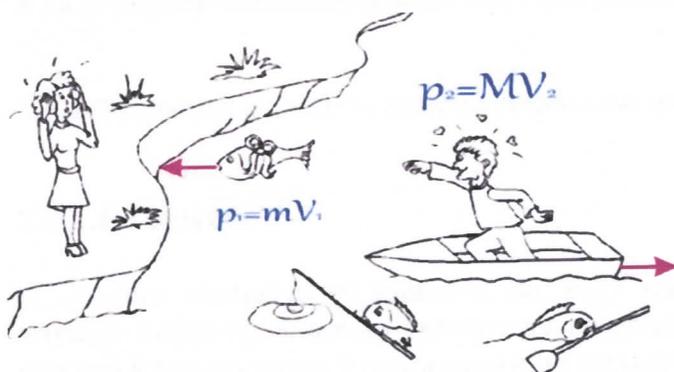


Слика бр. 5 Узмак клизача на леду

Када се један клизач одгурне од другог, оба добијају брзину такву да је укупан импулс оба клизача и после одгуривања једнак нули.

### 3.3.1.2. Реактивно кретање

Реактивно кретање остварује се тако што се из тела избацује неки гас или течност у једном смеру, а тело добија брзину у супротном смеру. Овако се крећу ракете, реактивни авиони, медузе, сипе... Ово је једини вид контролисаног кретања ракета - носача у безваздушном, празном простору.



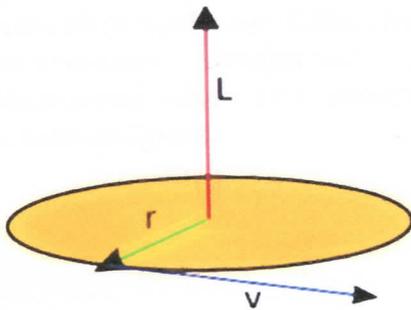
Слика бр. 6 Узмак чамца

Изабацивање терета са чамца у хоризонталном правцу довешће до прираста брзине чамца у смеру супротном смеру кретања терета, тако да укупан импулс система остане непромењен. (Слика бр. 6 Узмак чамца)

### 3.4.Закон одржања момента импулса

Момент импулса је векторска физичка величина једнака производу момента инерције и угаоне брзине тела или честице:

$$\vec{L} = I\vec{\omega}$$



Ако је у питању материјална тачка масе  $m$  која се креће по кружници полупречника  $r$ , брзином  $v$ , њен момент импулса је:

$$L = mvr$$

Укупан момент импулса физичког система једнак је векторском збиру момената импулса свих његових делова:

$$\vec{L} = \vec{L}_1 + \vec{L}_2 + \vec{L}_3 + \dots + \vec{L}_n$$

Слика бр. 7 Момент импулса

У изолованом физичком систему укупан момент импулса не мења се у току времена:

$$\vec{L} = \vec{L}_1 + \vec{L}_2 + \vec{L}_3 + \dots + \vec{L}_n = const.$$

Овде се изолованим физичким системом може сматрати сваки инерцијални систем код којег је осим услова да је збир спољашњих сила једнак нули, потребно и да је укупан спољашњи моменат сила једнак нули ( $M_s=0$ ).

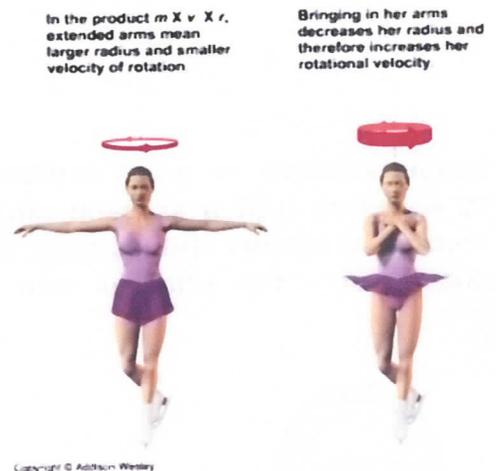
#### 3.4.1.Примери примене закона одржања момента импулса

##### 3.4.1.1. Пируета

Ако посматрамо клизача на леду како изводи пируету, можемо уочити да се угаона брзина клизача мења у зависности од положаја тела клизача.

У положају са раширеним рукама, момент инерције клизачице већи је него када су јој руке скупљене. Са угаоним брзинама је супротно – са раширеним рукама угаона брзина је мања. Момент импулса у оба случаја је исти.

$$I_1\omega_1 = I_2\omega_2 = const.$$



Слика бр. 8 Пируета

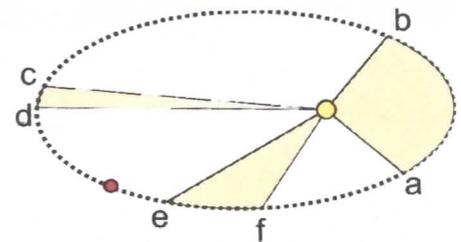
### 3.4.1.2. Кретање планета око Сунца

Први Кеплеров закон – планете се крећу око Сунца по елиптичним путањама; у заједничкој жижи тих елипси налази се Сунце.



Слика бр. 9 Елиптична путања планете

Други Кеплеров закон - Свака планета се креће тако да њен радијус вектор за исто време пребрише једнаке површине.



Слика бр. 10 Други Кеплеров закон

Други Кеплеров закон доводи до закључка да се планета креће брже у перихелу, а спорије у афелу. Ако средњи радијус – вектор планете у одређеном временском интервалу  $\Delta t$ , док је у афелу, означимо са  $r_a$ , а средњи радијус - вектор у истом временском интервалу у перихелу означимо са  $r_p$  и њима доделимо одговарајуће средње брзине, моменти импулса планета у ова два случаја биће:

$$L_a = mv_a r_a$$

$$L_p = mv_p r_p$$

За мале временске интервале, пређени пут планете може се апроксимирати дужином помераја. То значи да бисмо, повезујући почетак и крај помераја са центром Сунца приближно добили једнакокраки троугао чија висина је дужина средњег радијус вектора, а основа померај ( или пређени пут – још једна апроксимација).

Закон одржања момента импулса захтева да је:

$$L_a = L_p$$

Односно:

$$mv_a r_a = mv_p r_p$$



Ако све поделимо са 2 и помножимо са  $\Delta t$ , добијамо:

$$\frac{v_a r_a \Delta t}{2} = \frac{v_p r_p \Delta t}{2}$$

Сада можемо констатовати да су  $v_a \Delta t$  и  $v_p \Delta t$  пређени путеви планете у ова два случаја (или интензитети вектора помераја).

Претходна формула представља површине које је „пребрисао“ радијус – вектор планете у истом трајању времена у две различите тачке елипсе:

$$S_a = S_b$$

Чиме смо доказали везу другог Кеплеровог закона са законом одржања момента импулса. Такође, овде смо се срили са још једном врстом брзине – секторском брзином – промена површине коју пребрише радијус – вектор планете у времену.

### 3.4.1.3. Жироскоп

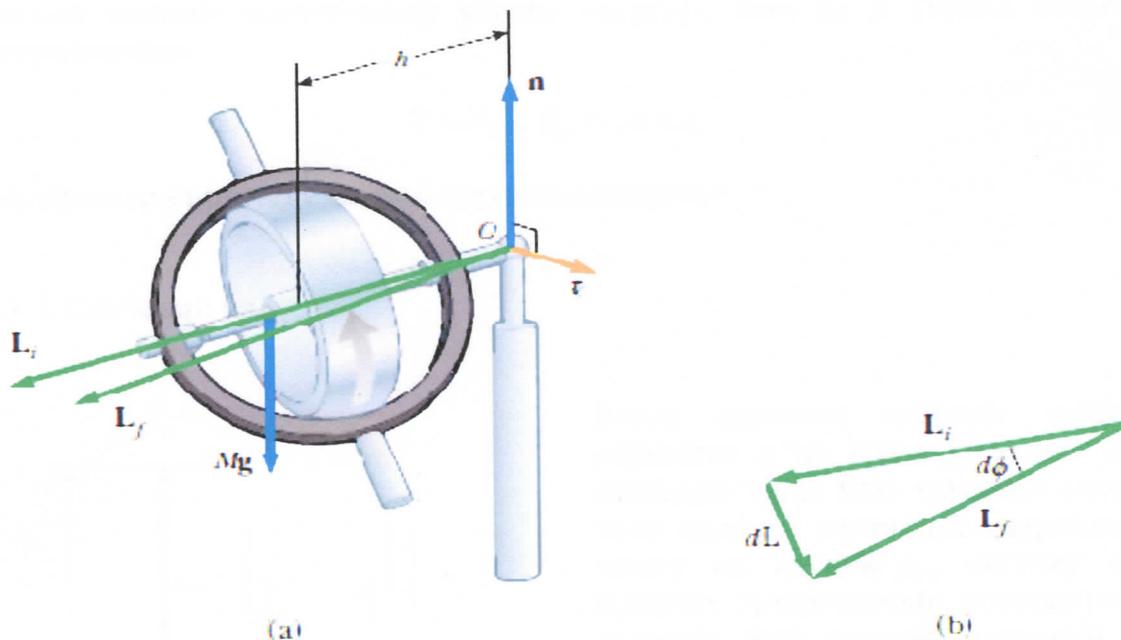
Под жироскопом се подразумева свако круто тело које релативно брзо ротира око своје осе материјалне симетрије, при чему та оса има једну непомичну тачку и мења правац у простору (Слика бр. 11 Чигра). Угаона брзина окретања тела много пута је већа од угаоне брзине којом се окреће оса тела.



Слика бр. 11 Чигра

Жироскопи су нашли велику примену у техници, нпр. жироскопски компас и други жироскопски навигациони прибори. У торпеду се жироскоп користи да би се обезбедило стабилно кретање по унапред одређеној путањи. Исто тако, жироскоп служи да би се умањило љуљање брода, затим као стабилизатор код једношинских возила где се користе жироскопи са два и три степена. Да би се обезбедила стабилна путања гранате, у цеви оруђа урезани су завојни жлебови и када граната напусти цев добија велику угаону брзину обртања око своје осе материјалне симетрије, па се на тај начин обезбеђује жироскопска стабилност гранате.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> ЖИРОСКОП – ОСНОВНИ МЕРНИ ЕЛЕМЕНТ СИСТЕМА УПРАВЉАЊА Др *Владо Ђурковић*, Војна академија, ВОЈНОТЕХНИЧКИ ГЛАСНИК 4 / 08



Слика бр. 12 Жироскоп

### 3.5.Закон одржања енергије у механици

Закон одржања енергије у механичким, изолованим физичким системима унутар којих делују само конзервативне силе представља могућност решавања неких ситуација које бисмо теже решили применом Њутнових закона.

Посматраћемо изолован физички систем унутар којег тела (честице) делују међусобно само конзервативним силама (силама чији рад не зависи од облика пута, већ само од почетног и коначног положаја тела). Ако претпоставимо да је у произвољном тренутку  $t_1$  потенцијална енергија система тела  $E_{p1}$ , а кинетичка енергија  $E_{k1}$  а у тренутку  $t_2$  ове енергије биће  $E_{p2}$  и  $E_{k2}$ .

Рад извршен конзервативним силама при узајамном деловању тела једнак је негативној промени потенцијалне енергије свих тела:

$$A = -\Delta E_p = E_{p1} - E_{p2}$$

Исти рад тих сила једнак је, с друге стране, промени кинетичке енергије свих тела из система:

$$A = \Delta E_k = E_{k2} - E_{k1}$$

Следи да је промена кинетичке енергије једнака негативној промени потенцијалне енергије, тако да можемо написати:

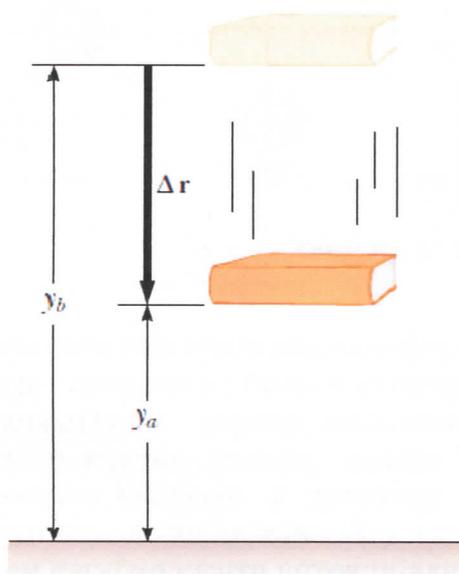
$$A = E_{p1} - E_{p2} = E_{k2} - E_{k1}$$

У механици, збир укупне кинетичке и укупне потенцијалне енергије свих делова физичког система представљају укупну енергију, тако да је укупна енергија система очувана.

$$E = E_k + E_p = \text{const.}$$

### 3.5.1. Примери примене закона одржања енергије

#### 3.5.1.1. Слободан пад



Слика бр. 13 Слободан пад

Закон одржања енергије можемо објаснити и на примеру књиге која слободно пада. Наш физички систем чине књига и лопта. Док задржавамо књигу на висини  $y_b$ , систему смо предали гравитациону потенцијалну енергију коју можемо одредити на основу рада који смо извршили делујући спољашњом силом на систем.  $A = \Delta E_p$ .

У тренутку када пустимо књигу, наш систем постаје изолован, а књига почиње да пада захваљујући деловању гравитационе силе. Рад ове (унутрашње) силе до тренутка када књига стигне на висину  $y_a$ , је:

$$\begin{aligned} A &= -\Delta E_p = E_{p1} - E_{p2} = \\ &= mgy_b - mgy_a \end{aligned}$$

Са друге стране, знамо да стална сила која делује у правцу паралелном кретању тела доводи до промене кинетичке енергије тела (врши рад):

$$A = \Delta E_k = E_{k2} - E_{k1}$$

Ово је рад исте силе, па можемо изједначити изразе за рад:

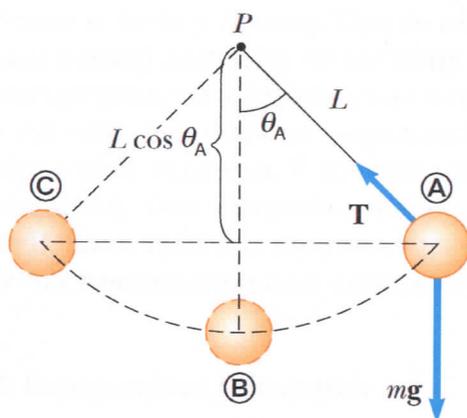
$$E_{p1} - E_{p2} = E_{k2} - E_{k1}$$

Односно:

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$$

што представља закон одржања енергије.

### 3.5.1.2. Клатно



Слика бр. 14 Клатно

Клатно је сферно тело масе  $m$  (куглица) окачено о танак конач дужине  $L$  (Слика бр. 14.) Куглица је пуштена из мировања када је конач са вертикалом градио угао  $\theta_A$ . Брзина куглице у најнижој тачки путање најлакше се одређује помоћу закона одржања енергије.

Једина сила која врши рад над сфером је гравитациона сила. (Сила затезања конача увек је нормална на брзину куглице, па не врши рад). Како је гравитациона сила конзервативна, укупна механичка енергија система клатно-Земља је стална. Како се клатно помера, долази до трансформације између потенцијалне и кинетичке енергије. У тренутку ослобађања куглице, енергија система је у потпуности потенцијална. А у тачки В клатно има кинетичку енергију, али је систем изгубио нешто потенцијалне енергије. У тачки С тело опет има исти износ потенцијалне енергије, а кинетичка енергија клатна опет је нула.

Ако измеримо координате куглице у односу на центар ротације, имамо:

$$y_A = -L \cos \theta_A$$

$$y_B = -L$$

Потенцијална енергија у ове две тачке биће:

$$E_{pA} = -mgL \cos \theta_A$$

и

$$E_{pB} = -mgL$$

Када се примени закон одржања енергије, добија се:

$$\frac{mv_B^2}{2} - mgL = 0 - -mgL \cos \theta_A$$

Па је брзина коју куглица има у најнижој тачки путање

$$v_B = \sqrt{2gL(1 - \cos \theta_A)} = \sqrt{2gh}$$

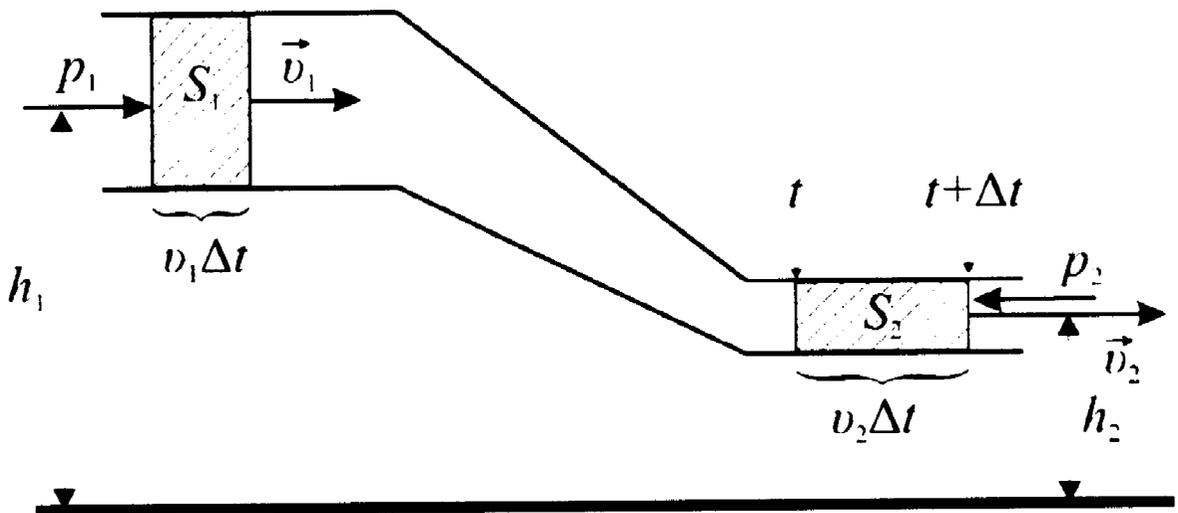
где је

$$h = y_A - y_B$$

Формула за брзину нам открива да ће куглица имати потпуно исту вредност брзине као што би имала када би са висине  $h$  слободно пала. Разлика између ове две брзине је само у правцу. Ово се објашњава тиме да центрипетална сила (сила затезања конца) делујући на куглицу не врши рад, јер је њен правац нормалан на кретање куглице, па је једина сила која овде може да врши рад гравитациона сила. Ако је куглица пуштена из мировања из угла  $\theta_A$ , она никада неће доћи изнад те позиције током кретања. У почетку кретања, у тачки А, укупна енергија једнака је потенцијалној. Ова енергија трансформише се у кинетичку у најнижој тачки путање В. Како куглица наставља да се креће дуж лучне путање, укупна енергија постаје опет потенцијална и тако даље...<sup>10</sup>

### 3.5.1.3. Бернулијева једначина

Бернулијева једначина објашњава расподелу притисака дуж једне струјне цеви при стационарном протикању идеалног, нестишљивог флуида (течности или гаса). Динамика флуида се не ради у физици у средњим стручним школама, већ се спомиње у оквиру стручних, технолошких предмета, те се ова једначина може споменути ради успостављања корелација са осталим школским предметима и подсећања да закони одржања имају општи карактер. Друга могућност је да се овај пример примене закона одржања енергије уради са заинтересованим ученицима као облик додатног рада, реферата који би био праћен демонстрационим огледима који би потврдили научено.



Слика бр. 15 Бернулијева једначина

Ако посматрамо цев која има различите површине попречних пресека  $S$ , који се налазе на различитим висинама, у једнаким временским интервалима  $\Delta t$  кроз попречне пресеке струјне цеви мора протећи иста маса флуида

<sup>10</sup> Halliday, Resnick, Walker - Fundamentals Of Physics

$$\Delta m = \rho \Delta V$$

Како је флуид нестишљив, иста маса одговара истој запремини флуида

$$\Delta V_1 = \Delta V_2$$

или:  $\Delta m = \rho \Delta V_1 = \rho \Delta V_2$ .

Слика бр. 15 *Бернулијева једначина* може да послужи за извођење једначине континуитета, јер се види да је:

$$\Delta V_1 = S_1 v_1 \Delta t$$

$$\Delta V_2 = S_2 v_2 \Delta t$$

То значи да је  $S_1 v_1 \Delta t = S_2 v_2 \Delta t$ , односно:

$$\Delta m = \rho S_1 v_1 \Delta t = \rho S_2 v_2 \Delta t$$

У положају 1 на слици бр.15 део флуида масе  $\Delta m$  има потенцијалну енергију коју ћемо означити са  $E_{p1}$ , кинетичку енергију  $E_{k1}$  и енергију добијену радом спољашње силе  $A_1$ . У положају 2 то ће бити вредности  $E_{p2}$ ,  $E_{k2}$  и  $A_2$ . Ако применимо закон одржања енергије, можемо написати:

$$A_1 + E_{p1} + E_{k1} = A_2 + E_{p2} + E_{k2}$$

Рад спољашње силе може се написати у следећем облику:

$$A = F \Delta s = p S \Delta s = p \Delta V$$

Када сада све спојимо у једну једначину, добијамо закон одржања енергије за нестишљиви флуид који стационарно струји кроз цев:

$$p_1 \Delta V + \Delta m g h_1 + \frac{\Delta m v_1^2}{2} = p_2 \Delta V + \Delta m g h_2 + \frac{\Delta m v_2^2}{2}$$

или:

$$p \Delta V + \Delta m g h + \frac{\Delta m v^2}{2} = const.$$

а ако сада целу претходну једначину поделимо са запремином, добићемо чувену Бернулијеву једначину:

$$p + \rho g h + \frac{\rho v^2}{2} = const.$$

## 4. Примери мултимедијалних експеримената

### 4.1. Закон одржања импулса

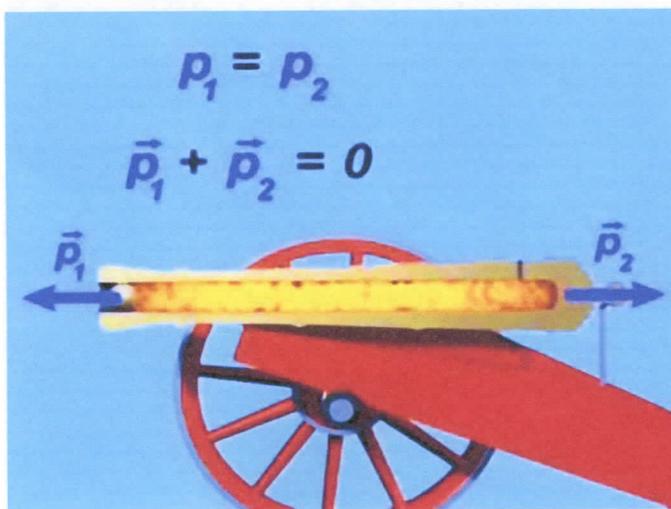
#### 4.1.1. Снимак реактивног кретања ракете



Слика бр. 16 Реактивно кретање ракете

Овај снимак ракете која полеће са површине Земље може подсетити ученике на слично кретање пиротехничких средстава који су уобичајени на новогодишњим ватрометима. Демонстрациони експеримент могу извести у присуству одрасле особе све док је то у складу са законом и док је безбедно.

#### 4.1.2. Анимација узмака код пуцња



Слика бр. 17 Узмак код пуцња

Ова компјутерска анимација омогућава ученицима јаснији увид у законитости које важе код одржања импулса.

### 4.1.3. Еластични и нееластични судари у бестежинском стању



Слика бр. 18<sup>11</sup>

Током октобра 2010. године амерички милионер Ричард Гариот и двојица космонаута заједно су у свемирској летелици Сојуз, у космосу, провели десет дана. То време је Ричард искористио да изведе неколико једноставних експеримената.

Веома занимљив и у учионицама немогућ за реализацију демонстрациони експеримент који илуструје еластичан и нееластичан судар у бестежинском стању још једном ће ученике уверити у тачност закона одржања импулса.

### 4.1.4. Експлозија

Експлозија се може постићи једноставно, помоћу пара колица са опругом између њих, а некада је могуће створити уз експлозију и све звучне ефекте које ученици очекују. Слика бр. 19 *Експлозија*<sup>12</sup> приказује како је то урађено на једном предавању у школи „Divine Child High School“ у Dearborn-у, Michigan.

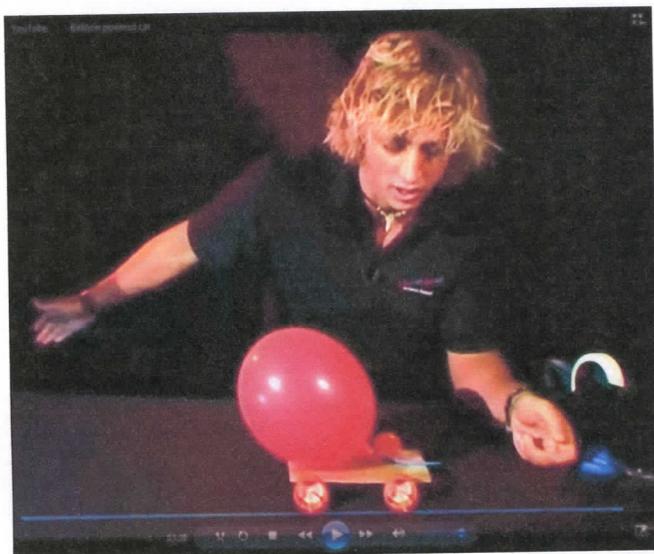


Слика бр. 19 Експлозија

<sup>11</sup> Richard Garriott Space Video Blog - Conservation of Momentum, <http://www.youtube.com/watch?v=4IYDb6K5UF8>

<sup>12</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=RIGQwW2ay9M>

#### 4.1.5. Направите реактивна колица

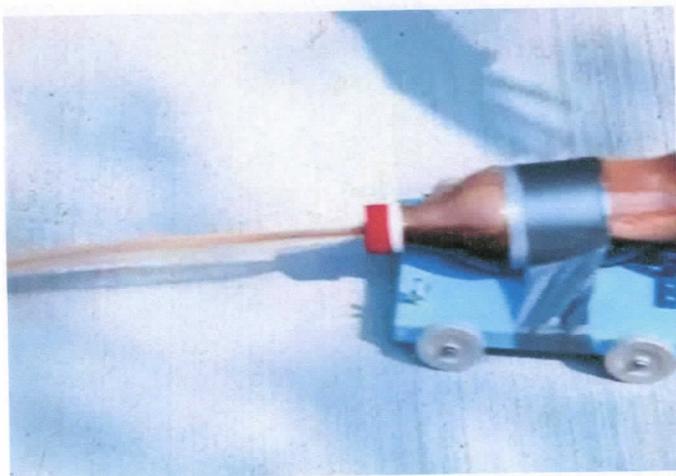


Слика бр. 20 Реактивна колица

Снимак показује како се, са веома мало средстава, у кућним условима, могу направити реактивна колица – колица која се крећу као последица закона одржања импулса (или трећег Њутновог закона). Све што је потребно је:

- 4 пробушена чепа исте величине
- 3 сламчице
- парче картона
- балон
- гумица за косу
- самолепљива трака
- две дуге игле или штапића

#### 4.1.6. Колица на „ракетни погон“



Слика бр. 21 Колица на "ракетни погон"

Однедавно је широј јавности познато да се приликом мешања „ментос“ бомбона и дијет коле дешава реакција при којој се ослобађа велика количина гаса. Ова чињеница је искоришћена за конструкцију необичних колица која се крећу у складу са законом одржања импулса. Приликом ове демонстрације ученицима се обавезно мора скренути пажња да буду изузетно опрезни са овом мешавином.

#### 4.1.7. Експериментална провера закона одржања импулса код нееластичног судара



Слика бр. 22 Експериментална провера закона одржања импулса код нееластичног судара

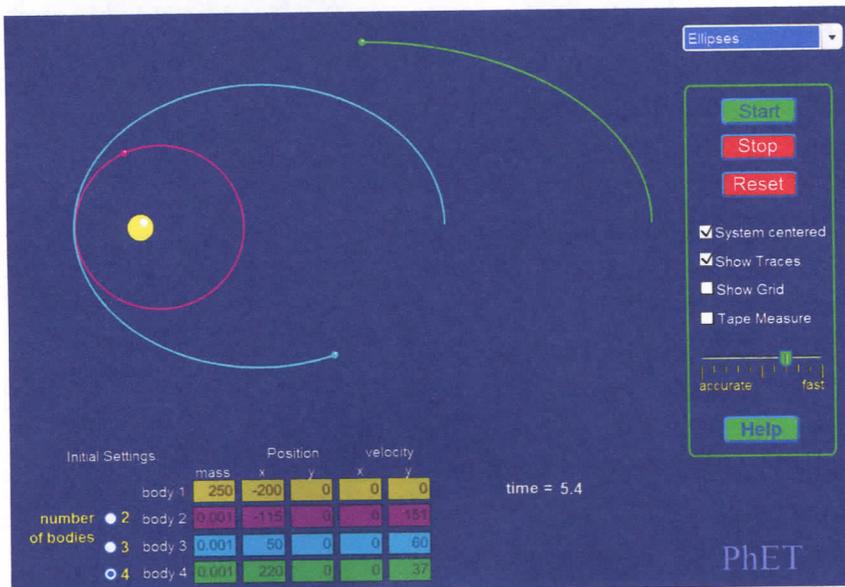
Слика бр. 22 Експериментална провера закона одржања импулса код нееластичног судара је илустрација за снимак експерименталне вежбе преузете са сајта youtube.<sup>13</sup>

Тела се крећу уз помоћ компресора, а мери се маса сваког тела и њихове брзине пре и после судара.

Захваљујући добро монтираном снимку, ученици могу и сами да искористе измерене вредности, да уврсте у формулу и провере истинитост наученог градива...

### 4.2. Закон одржања момента импулса

#### 4.2.1. Кретање планета

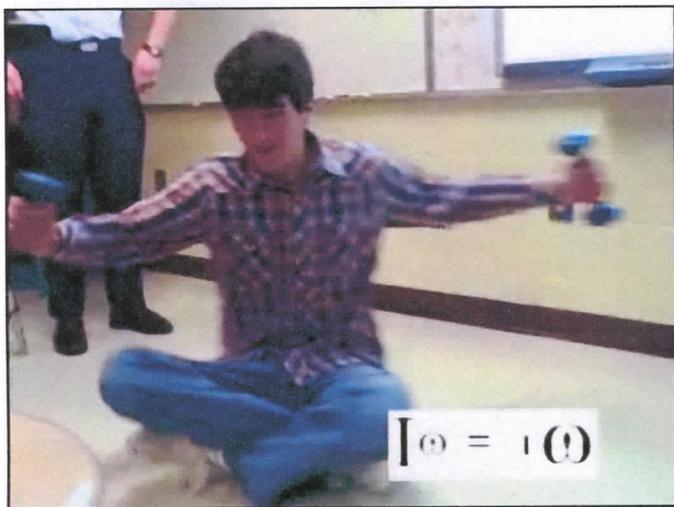


Слика бр. 23 "My solar system"

<sup>13</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=DfixfBRZXYM&feature=related>

Слика бр. 23 "My solar system" приказује PhET симулацију<sup>14</sup> која ученицима може да приближи зависност брзине кретања од растојања између планете и Сунца. Постоји могућност избора броја тела и разних комбинација звезда и планета.

#### 4.2.2. Пируета



Слика бр. 24 Пируета

Ово је једноставна демонстрација закона одржања момента импулса. Лако се може из мултимедијалне претворити у демонстрациону вежбу уз бар једну столицу са седиштем које може да ротира. Ученици ову демонстрацију сматрају забавном и очигледном применом знања.

#### 4.2.3. Жироскоп



Слика бр. 25 Жироскопски трикови

Кретање жirosкопа вековима фасцинира својом савршеношћу. Мада је ученицима жirosкоп само илустрација закона одржања момента импулса, не остају равнодушни на кретање које се „противи законима гравитације“.

<sup>14</sup> <http://phet.colorado.edu/en/simulation/my-solar-system>

### 4.3. Закон одржања енергије

#### 4.3.1. Провера закона одржања енергије помоћу клатна



Слика бр. 26 Prof. Walter Lewin

Снимак дела предавања где професор Волтер Левин студентима који га нетремице прате показује колико верује у закон одржања енергије. Овакве демонстрације дуго се памте и препричавају. А закон одржања енергије постаје очигледнији, лакши и разумљивији.

#### 4.3.2. Максвелов диск

Максвелов диск је уређај који се традиционално користи у уводном делу физике када се проучава динамика ротације, и момент инерције тела. Израђен је од диска полупречника  $R$  и оса полупречника  $r$  (где је  $r \ll R$ ). Две жице једнаке дужине намотане су око осе тако да су једним крајем везане за осу, а други крај им је везан за фиксни оквир. Већ на први поглед јасно је да су брзина и убрзање са којима диск „пада“ мањи него код тела које слободно пада. Друго, уочавамо ротацију. Прецизније: да би диск ишао наниже, мора да ротира, а када стигне до краја жице, да би наставио ротацију почиње да се пење. Ово необично кретање може се веома једноставно тумачити помоћу закона одржања енергије. Ако гравитациону потенцијалну енергију у највишој тачки (у почетном тренутку, када диск мирује) означимо са

$$E_{p1} = mgH,$$



Слика бр. 27 Максвелов диск

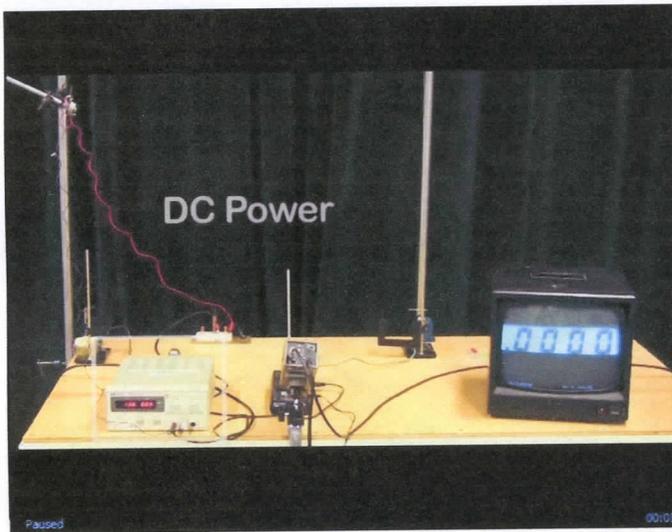
можемо то сматрати укупном механичком енергијом којом ће “располагати” Максвелов диск током даљег кретања. У било ком даљем тренутку кретања, укупна енергија система неће бити већа од почетне, а идеално би било да је:

$$E_{p1} = E_{p2} + E_{kt} + E_{kr}$$

где су  $E_{kt}$  и  $E_{kr}$  кинетичке енергије транслаторног и ротационог кретања.

Ова ефектна демонстрација закона одржања енергије, предвиђена је планом и програмом.

#### 4.3.3. Идеја експерименталне провере закона одржања енергије



Слика бр. 28 Провера закона одржања енергије<sup>15</sup>

Овај демонстрациони оглед служи са поређење две идентичне куглице која слободно пада и куглице на клатну пуштене са исте висине. Вертикална компонента брзине куглице у првом случају иста је као хоризонтална брзина клатна ако су пуштене са исте висине.

##### Објашњење:

Обе куглице почињу кретање са истом потенцијалном енергијом јер имају исту масу и на истој су висини. Обе имају исто пролазно време при проласку кроз фотогејт. Пошто су ширине фотогејтова идентичне, следи да су брзине куглица исте. Ово се може објаснити помоћу закона одржања енергије.

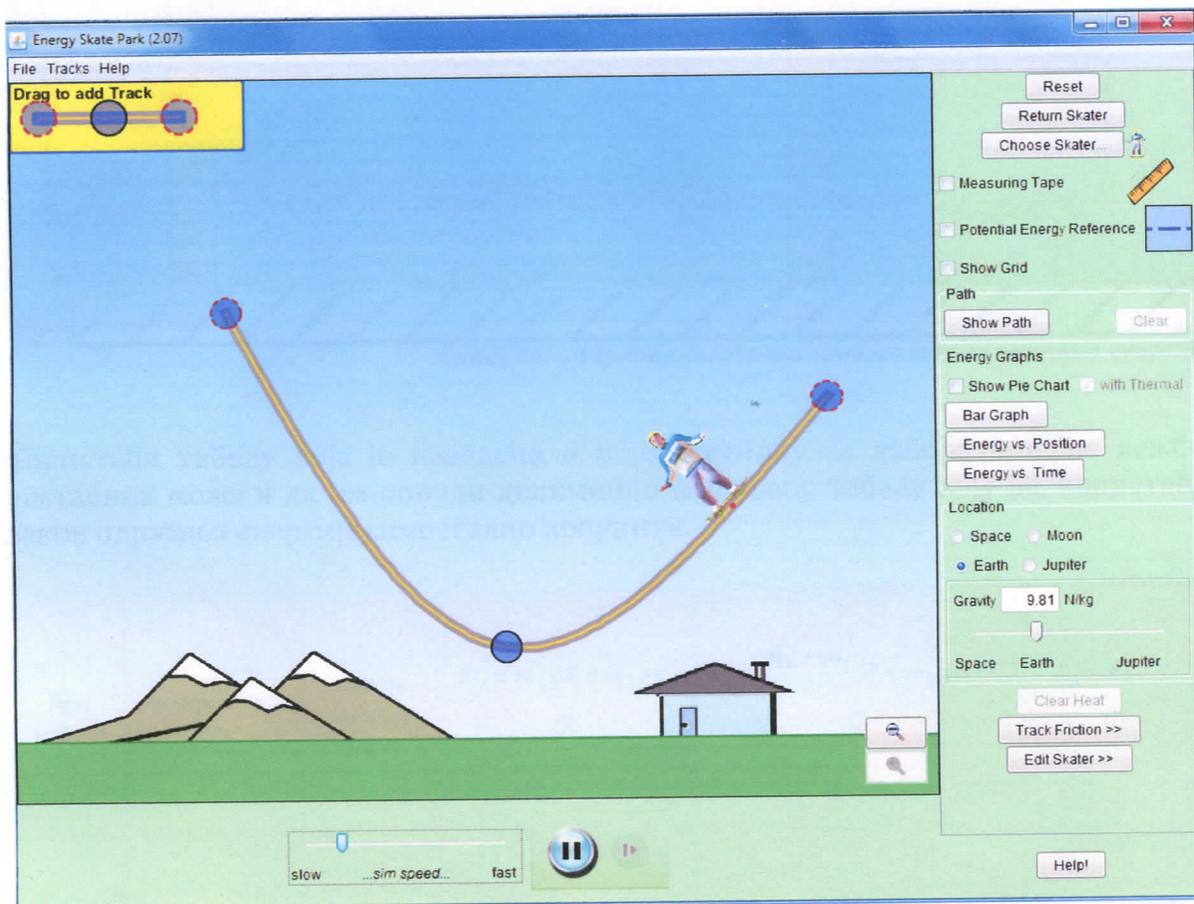
##### Детаљније објашњење:

Закон одржања је лакше разумети у случају куглице која слободно пада, јер је једина сила која на њу делује гравитациона сила. Када само она делује на тело, укупна механичка енергија се очувана. У случају клатна, неки би могли помислити да, зато што две силе (гравитациона и центрипетална) истовремено делују на тело, енергија система може да се промени. Ипак, центрипетална сила делују у правцу нормалном на брзину тела, тако да не врши рад. Обзиром да само гравитациона сила врши рад код клатна, механичка енергија је сачувана.

<sup>15</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=L2mdAvdPhT4>

#### 4.3.4. PhET анимација

Слика бр. 29 "Energy Skate Park"<sup>16</sup> приказује део радне површине симулације која пружа могућност графичког праћења вредности укупне, кинетичке и потенцијалне енергије система током времена. Пружена је могућност промене масе тела (скејтера), облика путање, планете на којој се налази парк и промене коефицијента трења. Веома корисна симулација која ученицима омогућава јаснији увид у параметре који могу утицати на тела из физичког система.



Слика бр. 29 "Energy Skate Park"

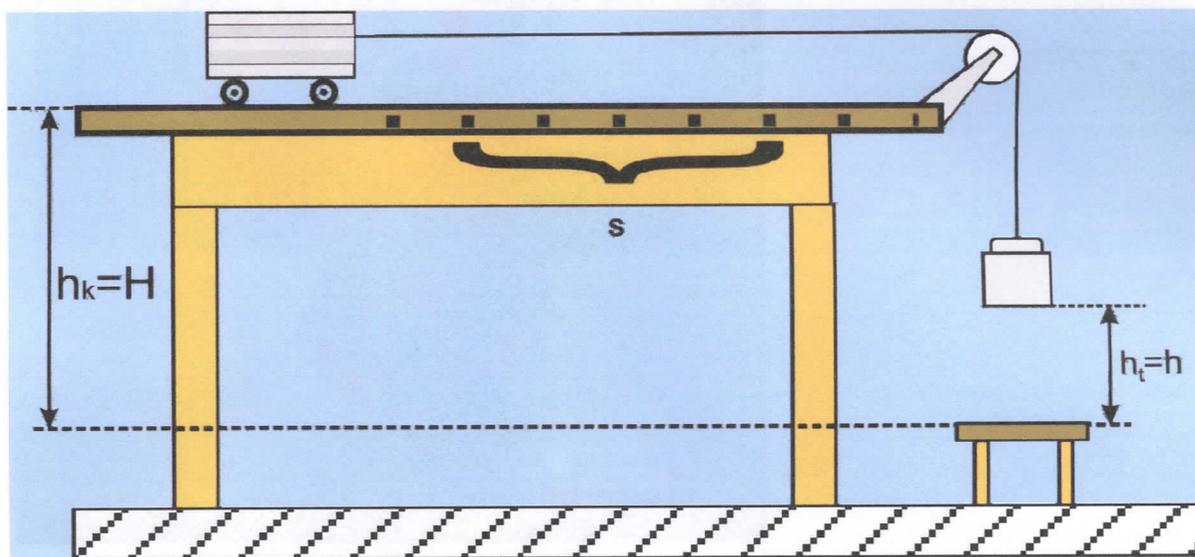
#### 4.3.5. Мисаони експеримент са тегом и колицима

Ако се не постоји кабинет за физику, експеримент се може претворити у задатак. Ученицима се након свих приказаних демонстрација закона одржања енергије може приказати Слика бр. 30 *Експериментална провера закона одржања енергије* и затражити од ученика да предвиде какве вредности брзине колица могу да очекују, ако су познате висине стола, тега у односу на столицу, масе колица и тега. Ученици би, такође, могли да образложе зашто се у експерименту за мерење брзине колица и тега користи израз

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

<sup>16</sup> <http://phet.colorado.edu/en/simulation/energy-skate-park>

где је  $t$  време претекло од тренутка заустављања тега до стижања колица до обележеног дела стола, а  $s$  дужина пређеног пута колица.



Слика бр. 30 Експериментална провера закона одржања енергије

Користећи табелу која је наведена и у приручнику за лабораторијске вежбе, наставник може и да им понуди делимично попуњену табелу коју ће, користећи закон одржања енергије самостално попуњити.

Број мерења	Висина тега $h$ [m]	Брзина колица $v$ [m/s]	$E_1 = m_k g H + m_t g h$ [J]	$E_2 = \frac{m_k + m_t}{2} v^2 + m_k g H$ [J]	$E_1 - E_2$ [J]

Табела 2 За уписивање израчунатих вредности

#### 4.3.6. Бернулијева једначина



Слика бр. 31 Бернулијева једначина - примери

Овај снимак садржи „левитирање“ лопитице захваћене ваздушном струјом, примицање лаких објеката када се између њих струји ваздух и слично. Разумевање ових појава захтева одређен ниво познавања динамике флуида. Ипак, филм се може искористити као илустрација и подстицај за даљи рад.<sup>17</sup>

---

1. <sup>17</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=P-xNXrELCmU>

## 5. Закључак

Савремена настава стално истиче улогу и значај ученика као субјекта који носи одговорност за своје понашање у односу на процесе стицања знања. Конструктивизам у педагогији, истицање важности критичког и креативног мишљења као и развој информатичке технологије говоре нам о неопходности редизајнирања курикулума у односу на васпитно-образовне циљеве и задатке. Све то истиче потребу за мењањем начина рада, начина организовања наставе, начина погледа на свет. Информатичка технологија нуди различите могућности који се односе на стицање знања, утврђивање, развијање способности критичког и креативног мишљења као и социјалну интеракцију фактора у настави. Мултимедија као форма организације информација, начин презентације, начин организације програмиране наставе, средство за учење или подстицање мисаоне активности, средство које поставља ученика у активну позицију може се врло успешно интегрисати у настави физике у средњој стручној школи.

Мултимедијална настава није сама по себи циљ. Мера коришћења мултимедијалних садржаја треба да произилази из дидактичких принципа у физици. Нарочито се истиче да наставник мора да нађе равнотежу између принципа очигледности и осталих принципа, јер се глорификовањем принципа очигледности може догодити да се учениково мишљење задржава на перцептивном нивоу и тиме успорава развој појмовног и апстрактног. Са друге стране, вешто вођени мултимедијални часови могу повећати заинтересованост ученика за физику и смањити број ученика који физику означавају као „тежак предмет“. Наставник треба да има на уму исходе које код ученика жели да постигне и да свој рад коригује у складу са тим.

## Литература

1. Griffith, W.Thomas – *The Physics of everyday phenomena: A conceptual introduction to physics*, McGraww-Hill, New York, 2007.
2. Hewitt, Paul G., *Conceptual physics*, Pearson Education, 2006.
3. Kittel, Charles; Knight D. Walter, Ruderman A. Malvin, *Механика*, Техничка knjiga, Zagreb, 1981.
4. Sears, Francis Weston, *Механика, таласно кретање и топлота*, Научна knjiga, Београд, 1962.
5. Бобић, М. Татјана; Распоповић, О. Милан, *Физика за 1. разред четворогодишњих средњих стручних школа*, Завод за уџбенике, Београд, 2008.
6. Вокер, Цирл, *Летећи циркус физике*, Вук Караџић, Београд, 1986.
7. Ђорђевић, Јован; Поткоњак, Никола – Педагогија, Научна књига, Београд
8. Жижић, Божидар, *Курс опште физике – физичка механика*, Грађевинска књига, Београд, 1989.
9. Капор, Агнеш; Николић, Драган: *ЕКСПЕРИМЕНТАЛНЕ ВЕЖБЕ ИЗ ФИЗИКЕ – Механика и термодинамика*, Нови Сад, 2000.
10. Концепција средњег стручног образовања у Србији - МИНИСТАРСТВО ПРОСВЕТЕ И СПОРТА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ, Београд, 2004,
11. Кука, Мирослав, *Школа као чинилац развоја интересовања ученика за наставу физике*, Ауторско издање, Београд 2003.
12. Раденковић, Б., Станојевић, М.: *Рачунарска симулација*, Београд, 2001.
13. Распоповић, О.Милан, *Методика наставе физике*, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 1992.
14. Распоповић, О.Милан, *Физика за 1. разред гимназије*, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 2004.
15. <http://falconphysics.blogspot.com/>
16. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>
17. <http://ocw.mit.edu/courses/physics/>
18. <http://phet.colorado.edu/>
19. <http://phet.colorado.edu/en/simulation/energy-skate-park>
20. <http://physicslearning.colorado.edu/>
21. <http://www.fizik.si/index.php/en/science-videos>
22. <http://www.youtube.com/watch?v=L2mdAvdPhT4> (15.10.2010.)
23. <http://www.youtube.com/watch?v=P-xNXrELCmU>
24. <http://www.youtube.com/watch?v=RIGQwW2ay9M>
25. <http://www.youtube.com/watch?v=DfixfBRZXY&feature=related>

## Биографија



### **Љиљана Станивук**

Рођена 14.06.1972. у Новом Саду. Основну школу „Ђура Јакшић“ завршила у Каћу. Природно-математичку гимназију „Јован Јовановић Змај“, смер математичко – програмерски сарадник завршила у Новом Саду. Дипломирала на Природно-математичком факултету у Новом Саду, и стекла звање професор физике 2000. године. Од 2003. године запослена као наставник физике у Техничкој школи „Павле Савић“ у Новом Саду.

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

<i>Redni broj:</i> <b>RBR</b>	
<i>Identifikacioni broj:</i> <b>IBR</b>	
<i>Tip dokumentacije:</i> <b>TD</b>	Monografska dokumentacija
<i>Tip zapisa:</i> <b>TZ</b>	Tekstualni štampani materijal
<i>Vrsta rada:</i> <b>VR</b>	Master rad
<i>Autor:</i> <b>AU</b>	Ljiljana Stanivuk
<i>Mentor:</i> <b>MN</b>	dr Sonja Skuban
<i>Naslov rada:</i> <b>NR</b>	Multimedijalni eksperimenti u oblasti zakona održanja u nastavi fizike u srednjim školama
<i>Jezik publikacije:</i> <b>JP</b>	srpski (ćirilica)
<i>Jezik izvoda:</i> <b>JI</b>	srpski/engleski
<i>Zemlja publikovanja:</i> <b>ZP</b>	Srbija
<i>Uže geografsko područje:</i> <b>UGP</b>	Vojvodina
<i>Godina:</i> <b>GO</b>	2010
<i>Izdavač:</i> <b>IZ</b>	Autorski reprint
<i>Mesto i adresa:</i> <b>MA</b>	Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad
<i>Fizički opis rada:</i> <b>FO</b>	5/34/3/2/30/0/0
<i>Naučna oblast:</i> <b>NO</b>	Fizika
<i>Naučna disciplina:</i> <b>ND</b>	Eksperimenti u mehanici i termodinamici
<i>Predmetna odrednica/ ključne reči:</i> <b>PO</b>	zakoni održanja, energija, impuls, moment impulsa, multimedija, nastava
<b>UDK</b>	
<i>Čuva se:</i> <b>ČU</b>	Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu
<i>Važna napomena:</i> <b>VN</b>	nema
<i>Izvod:</i> <b>IZ</b>	U radu su obrađene teorijske osnove zakona održanja impulsa, momenta impulsa i energije u mehanici na nivou prilagođenom učenicima stručnih škola u kojima se fizika izučava dve godine. Analizirana je uloga multimedija u nastavi fizike i dati primeri multimedijalnih eksperimenata primerenih uzrastu i interesovanjima učenika.
<i>Datum prihvatanja teme od NN veća:</i> <b>DP</b>	06.10.2010.
<i>Datum odbrane:</i> <b>DO</b>	01.11.2010.

*Članovi komisije:*

**KO**

*Predsjednik:*

*član:*

*član:*

*član:*

dr Milica Pavkov Hrvojević, vanredni profesor

dr Agneš Kapor, redovni profesor

dr Željka Cvejić, docent

dr Sonja Skuban, vanredni profesor

## KEY WORDS DOCUMENTATION

<i>Accession number:</i>	
<b>ANO</b>	
<i>Identification number:</i>	
<b>INO</b>	
<i>Document type:</i>	Monograph publication
<b>DT</b>	
<i>Type of record:</i>	Textual printed material
<b>TR</b>	
<i>Content code:</i>	Master paper
<b>CC</b>	
<i>Author:</i>	Ljiljana Stanivuk
<b>AU</b>	
<i>Mentor/comentor:</i>	Ph.D. Sonja Skuban
<b>MN</b>	
<i>Title:</i>	Multimedia experiments in the field of conservation law in physics at high schools
<b>TI</b>	
<i>Language of text:</i>	Serbian (Cyrillic)
<b>LT</b>	
<i>Language of abstract:</i>	English
<b>LA</b>	
<i>Country of publication:</i>	Serbia
<b>CP</b>	
<i>Locality of publication:</i>	Vojvodina
<b>LP</b>	
<i>Publication year:</i>	2010
<b>PY</b>	
<i>Publisher:</i>	Author's reprint
<b>PU</b>	
<i>Publication place:</i>	Faculty of Science and Mathematics, Trg Dositeja Obradovića 4, Novi Sad
<b>PP</b>	
<i>Physical description:</i>	5/34/3/2/30/0/0
<b>PD</b>	
<i>Scientific field:</i>	Physics
<b>SF</b>	
<i>Scientific discipline:</i>	Experiments in mechanics and thermodynamics
<b>SD</b>	
<i>Subject/ Key words:</i>	conservation laws, energy, momentum, angular momentum, multimedia, teaching
<b>SKW</b>	
<b>UC</b>	
<i>Holding data:</i>	Library of Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4
<b>HD</b>	
<i>Note:</i>	none
<b>N</b>	
<i>Abstract:</i>	The paper described the theoretical basis of the momentum conservation law, angular momentum conservation law and mechanical energy conservation at the level adjusted for students of vocational schools in which physics is taught for two years. The role of multimedia in teaching physics is analysed and also the examples of multimedia experiments for the appropriate age and interests of students are given.
<b>AB</b>	
<i>Accepted by the Scientific Board:</i>	06.10.2010.
<b>ASB</b>	
<i>Defended on:</i>	01.11.2010.
<b>DE</b>	

*Thesis defend board:*

**DB**

*President:*

*Member:*

*Member:*

*Member:*

dr Milica Pavkov Hrvojević, associate professor  
dr Agneš Kapor, full professor  
dr Željka Cvejić, assistant professor  
dr Sonja Skuban, associate professor

