



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ  
ФАКУЛТЕТ  
ДЕПАРТМАН ЗА ФИЗИКУ



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ПРИМЕЂЕНО	14.02.2012.
ОРГАНИЗЈЕД	БРОД
робоз	10/59

**Решавање рачунских задатака из физике на примерима из  
Њутнових закона**

**завршни - мастер рад**

**Ментор:**

др Maja Стојановић

**Кандидат:**

Ангелина Јеротијевић-Марковић

**Фебруар 2012.**

---

**Захвалајујем се Др Mаji Ст. јановић, професору, за предложену тему,  
корисне сугестије и примедбе током израде мастер рада.**

---

**Захвалајујем се и професорима Др Радомиру Кобиларову и Др Срђану  
Ракићу, као члановима комисије за одбрану мастер рада.**

---



## Садржај

1.	Увод.....	4
2.	Значај, улога и класификација задатака у настави физике.....	6
2.1.	Квалитативни задаци – задаци питања.....	8
2.2.	Графички задаци.....	11
2.3.	Квантитативни задаци (рачунски задаци).....	14
2.4.	Експериментални задаци.....	18
2.5.	Домаћи задаци.....	20
2.6.	Зашто радимо задатке из физике ?.....	21
2.7.	Како радити задатке ?.....	22
2.8.	Критеријуми сложености задатака.....	24
2.9.	Анализа задатака по степенима сложености.....	25
3.	Исак Њутн.....	26
3.1	Њутнови закони.....	31
3.1.1.	Први Њутнов закон .....	31
3.1.2.	Други Њутнов закон .....	33
3.2.1.	Инертност .....	35
3.2.2.	Формулација ii - Њутновог закона .....	35
3.3.	Трећи Њутнов закон .....	36
3.4.	Услови под којима Њутнови закони важе.....	37
3.4.1.	Инерцијални систем референције.....	37
4.	Рачунски задаци: Њутнови закони.....	38
5.	Слагање сила и други њутнов закон.....	57
5.1.	Како треба решавати проблем кретања тела на које делује више сила?.....	57
6.	Разлагање сила и други Њутнов закон.....	59
7.	Трећи Њутнов закон.....	64
8.	Закључак.....	67
9.	Литература.....	68
10.	Биографија.....	69
11.	Кључна документација информација.....	70

**“Хипотезе у науци које заобилазе  
експеримент ничему не служе“**

**Исаак Њутн (Isaac Newton)**

## **1.УВОД**

Познавање неке научне дисциплине не састоји се у томе да се запамте или репродукују описи појава и формулатије њихових законитости, већ у способности да се на основу тих законитости могу решавати конкретни проблеми. Дакле, само израдом задатака и применом теорије која претходно мора бити усвојена (што је предуслов да се задаци уопште могу решити), могуће је код ученика у школском процесу постићи оно чemu се и тежи: да се знање које је усвојено правилно и ефикасно употреби, да се повежу и схвате појмови, да се користећи постојеће знање иницирају идеје за нова открића итд.

Успешно извођење наставе физике не може бити остварено, ако теоријска предавања не добију свој практични смисао и конкретизацију кроз израду рачунских задатака. Решавање задатака је специфичан процес у коме се настоји да се на основу описа појава, датих услова и података, применом познатих закона, теорија и дефиниција, логичким математичким путем одреде тражене непознате физичке величине. Зато се може рећи да способност решавања задатака одређује степен разумевања и овладавања основним физичким законитостима. У процесу решавања рачунских задатака долази до пуног изражавања способности ученика да стечена знања примењују на конкретној анализи физичких појава и процеса.

Процес решавања задатака у великој мери је сличан истраживачком раду. Сличност је у томе што се у оба случаја до резултата долази на основу одговарајућих знања, уочавања битних елемената проблема, логичког размишљања и закључака, при чему и машта може да има пресудну улогу. Другим речима, решавање задатака – проблема, садржи у већој или мањој мери елементе креативности, што представља додатну веома важну компоненту процеса образовања.

### *Циљеви решавања задатака :*

- дубље схватање физичке величине, физичког закона и теорије и њихову примене у решавању одређених проблема,
- развијање мисаоних активности код ученика, логичког и креативног мишљења (дношење оригиналних решења и закључака),
- усмеравање ученика на самосталан рад,
- увођење нових појмова и величина, откривање њихових веза и односа,
- формулатија физичких законитости, извођење формуле која повезује физичке величине релевантне за појаву,
- повезивање знања из физике са свакодневним животом,...

### *Функција задатака:*

- понављање и утврђивање пређеног градива,
- проверавање и оцењивање,
- систематизација и генерализација градива

Као крајњи циљ процеса решавања задатака из физике је да ученици науче методе решавања задатака, продубе и прошире разумевања физичких појава и закона, и да на тај начин развијају способност обављања мисаоних операција. Засигурно, процес решавања рачунских задатака из физике представља један сложен и специфичан процес, у коме се настоји да се на основу описа појава, датих услова и података у самом задатку, примене познати физички закони, теорије и дефиниције, и једним складом логике и математике одреди непозната величина.

У овом раду је дата класификација задатака и један општи методички пут како би требало решавати рачунске задатке из физике, што је и илустровано примерима решавања задатака применом Њутнових закона. Већина задатака датих у раду су намењени ученицима основне школе, а мањи број обрађених примера се ради приликом обраде одговарајуће наставне теме у средњој школи.

## **2. ЗНАЧАЈ, УЛОГА И КЛАСИФИКАЦИЈА ЗАДАТАКА У НАСТАВИ ФИЗИКЕ**

У настави физике упознају се физичке појаве, закони по којима се те појаве одвијају, физичке величине, правила, принципи... О степену разумевања градива и нивоу усвојености знања може се судити на основу умења ученика да се та знања примењују. То се може остварити у процесу решавања задатака, када је неопходно вршити анализу конкретних физичких појава и процеса. Због тога у настави физике решавање задатака представља веома важну етапу наставног процеса. Решавајући задатке из физике ученици би требало да продубе разумевање физичких појава, процеса и закона који их описују, али и да науче методе решавања задатака као и да развију способност обављања различитих мисаоних операција.

Разумљиво је да за успешну примену стечених знања треба иста поседовати. Међутим, само познавање теоријског градива није гаранција да ће се та знања моћи успешно примењивати и користити. Због тога је неопходно да се поступци примене знања, односно умења у решавању задатака посебно увежбају. Решавање задатака је специфичан процес у коме се настоји да се на основу описа појава, датих услова и података, применом познатих закона, теорија, дефиниција, логичким и математичким путем одреде тражене непознате физичке величине.

Решавање задатака из физике, као процес и метода примене знања, уведено је у школску праксу онда када је педагошка наука дошла до сазнања да знања која ученици поседују имају претежно формални карактер, уколико се ученици не доводе у ситуацију да их на неки начин користе.

Данас се оправдано сматра да ниједна дефиниција, закон, формула или теорија, нису трајно усвојени ако их ученици само знају, а не употребљавају. Постало је јасно да физички смисао дефиниција, закона и слично ученику постаје разумљив тек после вишеструког коришћења на конкретним примерима и у конкретним ситуацијама. Само у процесу решавања одговарајућих задатака стичу се дубља и потуна знања. Тек тада изучавана формула "оживи" у свести ученика, знања постају осмишљена, па се тиме поред осталог постиже и већа трајност, тзв. ретенција знања.

Чињеница је да код многих ученика рад на решавању задатака повећава интересовање за физику, развија логичко мишљење, подстиче на иницијативу и упорност у савлађивању тешкоћа, јача се воља и стиче самосталност у раду.

Улога и значај вежбања у решавању задатака у настави физике састоји се у чињеници да се постиже:

1. конкретизација и осмишљавање теоријских знања
2. остваривање политехнизације и повезивање стечених знања са свакодневним животом
3. стицање умења и навика за практичну примену изучаваног градива
4. развијање способности за обављање мисаоних операција
5. развијање самосталности и изгарађивање других позитивних вредности ученикове личности
6. понављање, продубљивање и утврђивање знања, развијање
7. интересовања за предмет и кориговање ученичких знања и умења

Један од потребних услова за коректну примену задатака у настави физике јесте стручан избор задатака у којима ће се обављати вежбања.

Руски аутори В.И. Богдан, Ђ.А. Бондарь и Д. И. Кульбицкии задатке класификују према:

- 1) дидактичком циљу - тренажни, стваралачки, контролни;
- 2) начину задавања услова – текстуални, задатак-график, задатак-цртеж, задатак-оглед;
- 3) степену тежине – једноставни, сложени, комбиновани;
- 4) начину решавања – квалитативни, квантитативни, графички, експериментални.

У методичкој литератури постоји подела задатака из физике према следећим особинама:

- 1) по карактеру захтева;
- 2) по садржају;
- 3) по начину поставке и решавања;
- 4) према постављеним циљевима.

По начину изражавања услова задатака и методама решавања из физике, могуће их је поделити на:

- 1) текстуалне;
- 2) експрименталне;
- 3) графичке.

По садржају задатке делимо на:

- 1) историјске;
- 2) техничке;
- 3) интердисциплинарне.
- 4) У зависности од начина класификације један задатак може бити убрајан у различите класификације. Из овога произилази да је класификација задатака непотпуна и не до краја доследна. Посебна врста задатака су домаћи задаци у које може бити увршћен сваки од наведених. Из назива врсте задатака лако се уочава карактер тих задатака.

## **2.1. КВАЛИТАТИВНИ ЗАДАЦИ – ЗАДАЦИ ПИТАЊА**

Задаци из физике, код којих нема података са бројним вредностима, нити се до решења долази применом одговарајућег математичког апаратса, већ је оно у виду одговора који се мора образложити називају се **квалитативни задаци – задаци питања**. Карактеристично за задатке ове врсте је да се они не могу решити на бази формално усвојених знања, без правилног и потпуног увида у све логичне односе и узрочно – последичне везе. Ако нема логичког расуђивања и правилног закључивања нема ни решења квалитативног задатка. Квалитативни задаци могу бити дати само текстом, графички у виду цртежа, или у виду описа експеримента. По тежини они могу бити лаки али и веома тешки, готово проблемски загоненти. У методици решавања квалитативних задатака мора се најпре учинити напор да се схвати суштина проблема, а затим сва пажња усмери на успостављање веза између датог и траженог, како би се могли назрети путеви долажења до правог одговора. Онда, када садржај задатка то дозвољава, веома је корисно пре анализе урадити помоћни цртеж, схему. За решење датог квалитативног задатка потребно је имати бар неколико аргумента који ће уверљиво показати исправност одговора.

**Примери квалитативног задатка:**

**Задатак 1 (пример лакшег квалитативног задатка):**

Зашто је теже искочити на обалу из чамца мање масе него из чамца веће масе?

**Анализа:**

Циљ сваког човека при оваквом искакању јесте безбедност, тј. правилан доскок. Познато је да при узајамном деловању чамца и човека важи закон акције и реакције. При искакању човека из неког објекта са којим је чинио систем, објекат ће се покренути у супротном смеру у односу на смер кретања човека. Покретање тог објекта већом брзином могуће је уколико је његова маса мања, аналогно томе безбедност је мања. Међутим, при искакању из објекта веће масе одраз је бољи, а скок безбеднији.

**Решење:**

При искакању човека из чамца на обалу услед узајамног деловања чамац ће се покренути у супротном смеру (од обале) утолико већом брзином што је његова маса мања. При томе ће се човек недовољно одразити. Међутим, при искакању из чамца веће масе одраз је бољи, а скок безбеднији.

**Задатак 2 (пример тежег квалитативног задатка):**

Коњ вуче кочије и оне се крећу убрзано. На основу закона акције и реакције сила којом коњ вуче кочије једнака је по интензитету а супротна по смеру сили којом кочије делују на коња. Зашто се онда коњ и кочије крећу убрзано?

**Анализа:**

Овај задатак, који је познат од давнина и често се користио у наставној пракси, задавао је велике муке и најбољим ђацима када је требало наћи објашњење за неслагање између тврдње садржане у формулацији једног од основних закона механике и реалности из свакодневног живота. Мало је ученика који су могли сопственим знањем и логичким мишљењем, без познавања одговора, дати исправно решење.

Позната су нека лоша расуђивања и погрешна решења овог квалитативног задатка. Једно од таквих „објашњења“ је следеће: Када је сила, којом кочије делују на коња, једнака по интензитету и супротна по смеру сили којом коњ делује на кочије, кретања нема. Али ако ипак постоји убрзано кретање, онда је то зато што је „живе сила“ акције нешто већа од силе реакције. Зарад каквог-таквог објашњења, овде је жртвован основни закон механике.

Друго „решење“ задатка односно објашњење кретања коња и кочије заснива се на тврдњи да се поменуте две силе не уравнотежавају јер не делују на исто тело, па је стога могуће убрзано кретање коња и кочије. Овакво објашњење би могло бити прихваћено да су та два тела (коњ и кочија) одвојена једно од другог. Чињеница је, међутим, да су та два тела повезана помоћу нити једно с другим. Она се не могу сматрати одвојеним телима, већ телима једног система који се као целина убрзано креће. Тада је јасно да су поменуте две силе (акција и реакција) приложене на два различита дела истог система и при кретању система међусобно су уравнотежене. Зато се ни ово објашњење не може прихватити.

Правом одговору на постављена питања води коректна примена Њутнових закона. Наиме, мора се прихватити да интеракција коњ-кочије не може довести до њиховог кретања. Ученицима треба поставити питање – да ли би коњ могао да покрене кочију да се налази на глаткој залеђеној цести. Такво питање би требало да помогне ученицима да схвате да у овом случају нема кретања без интеракције коња и кочије са Земљом. Дакле, у овом задатку мора се узети у обзир поред интеракције коњ-кочије, још и интеракције коњ-Земља и кочије-Земља.

Решавање задатка треба обавити уз помоћ схематског приказа сва три тела: коњ, кочије, Земља а затим сагласно Њутновим законима нацртати силе у правцу кретања: коњ-кочије, коњ-Земља, кочије-Земља. Силе управне на правац кретања треба поменути наглашавањем да оне не утичу на само кретање.

Применом другог Њутновог закона на систем коњ-кочије показује се да постоји резултантна сила у одређеном износу и да интеракција коњ-кочије не одређује кретање, а да интеракција коњ-Земља и кочија-земља дају резултантну силу под чијим утицајем се врши кретање.

**Одговор:** У случају кретања коња и кочија закон акције и реакције важи а убрзано кретање је могуће због постојања интеракције коња са Земљом, која је већа од интеракције кочија са Земљом. Када би ове две интеракције биле једнаке по интензитету а супротне по смеру, кретања не би било.

## 2.2. ГРАФИЧКИ ЗАДАЦИ

Ако задатак из физике на било који начин укључује коришћење или израду одговарајућих графика, онда се такав задатак назива *графички*. График може бити садржан у услову задатка, у поступку решавања задатка или бити решење задатка.

Помоћу графика се лакше уочавају функционалне везе и боље приказују него што је то могуће преко математичких израза. Рад на задацима ове врсте омогућава ученицима стицање веома потребне графичке писмености, ученици се навикавају да читавају графике и правилно из њих изводе закључке. Такође, таква умења су неопходна за обављање лабораторијских вежби и цртање графичких приказа.

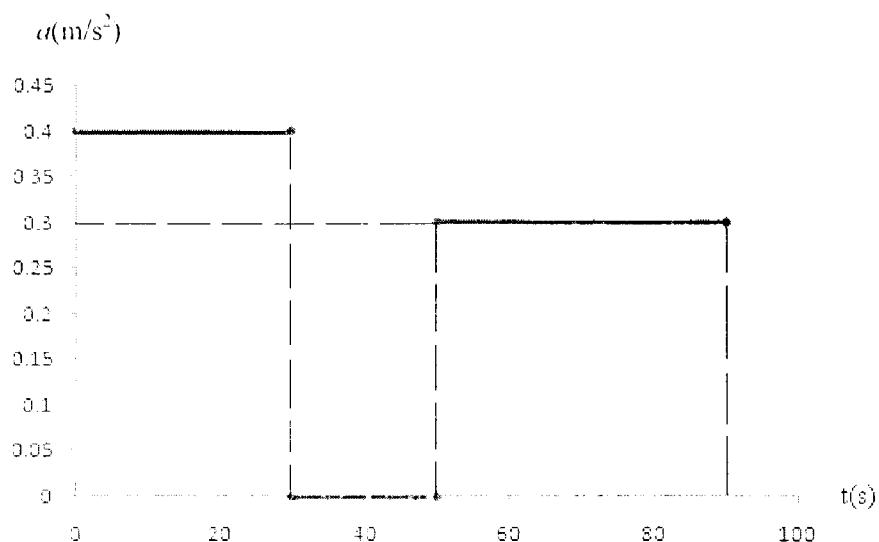
Пре него што се започне интензивнији рад на решавању графичких задатака, потребно је дати ученицима нека основна упутства о читавању података са графика и о цртању графика. У случајевима када се тражи да се само квалитативно покаже дата зависност међу физичким величинама или прикаже ток појаве односно процеса, могуће је графику радити и слободном руком. За добијање квантитативних резултата, график се мора урадити на милиметарском папиру. Цртање се увек ради у размери коју одређује опсег податка. Најчешће се у координатном почетку налазе нулте вредности величине чију узајамну зависност графички приказује, али је некад то непрактично па се од тога и одступа. У којој ће се размери наности вредност на једну и другу осу, зависи од почетних и крајњих вредности. Циљ је увек да график заузме централни део међусобног простора.

Код решавања графичких задатака потребно је да ученици пролазе кроз уобичајене етапе решавања: анализа услова задатка, успостављање веза између датих и тражених величина, добијање решења и дискусија истог.

### Примери графичког задатка:

#### Задатак 1 (график садржан у услову задатка):

Описати кретање воза на релацији Нови Сад - Београд ако је график његовог убрзања приказан на слици, при чему се зна да је воз започео кретање из стања мirovovanja te da se između 50 - te i 90 - te секунде кретао успорено због проблема na систему za xlađenje. Kolika je brzina voza posle 9 s od početka kretanja?



### Анализа:

Воз је започео кретање из стања мiroвања, затим између 50 - те и 90 - те секунде кретао се успорено. Тражи се брзина воза после 9 s од почетка кретања. Са графика се може очитати следеће:

$a$ ( $\text{m/s}^2$ )	$t$ (s)
0.4	0
0.4	30
0.3	50
0.3	90

Може се применити формула  $v = a \cdot t$ , за  $t = 30$  s и  $a = 0.4 \text{ m/s}^2$ , следи да је  $v = 12 \text{ m/s}$ . У току првих 30 s његова брзина је порасла са 0 m/s на 12 m/s. Затим се наредних десет секунди кретао равномерно брзином 12 m/s, а у току наредних четрдесет секунди кочио са убрзањем  $0.3 \text{ m/s}^2$ .

### Решење:

Убрзање воза у току првих 30 s износи  $0.4 \text{ m/s}^2$ . У току тог времена његова брзина је порасла са 0 m/s на 12 m/s. Затим се наредних десет секунди кретао равномерно брзином 12 m/s, а у току наредних четрдесет секунди кочио са убрзањем  $0.3 \text{ m/s}^2$ . Брзина воза после четрдесет секунди кочења износи:

$$v = v_0 - a \cdot t$$

$$v = 12 \text{ m/s} - 0.3 \text{ m/s}^2 \cdot 40 \text{ s} = 0$$

## Задатак 2 (график је решење задатка):

При брзини аутомобила од  $54 \text{ km/h}$  возач је почeo да кочи. За које ћe сe времe аутомобил зауставити ако сe он крећe равномерно успорено сa убрзањем  $5 \text{ m/s}^2$ ? Нацртати график брзине.

### Анализа:

Брзина аутомобила је  $54 \text{ km/h}$ , тражи сe времe за које ћe сe аутомобил зауставити. Аутомобил сe крећe равномерно успорено, па је зато могућe применити познату формулу која је дата у уводном излагању  $v = v_o - a \cdot t$ . Дато јe и убрзање и оно износи  $5 \text{ m/s}^2$ . Треба нацртати и график брзине кретања.

### Решење:

Полазећи од формуле за брзину равномерно успореног кретања:

$$v = v_o - a \cdot t,$$

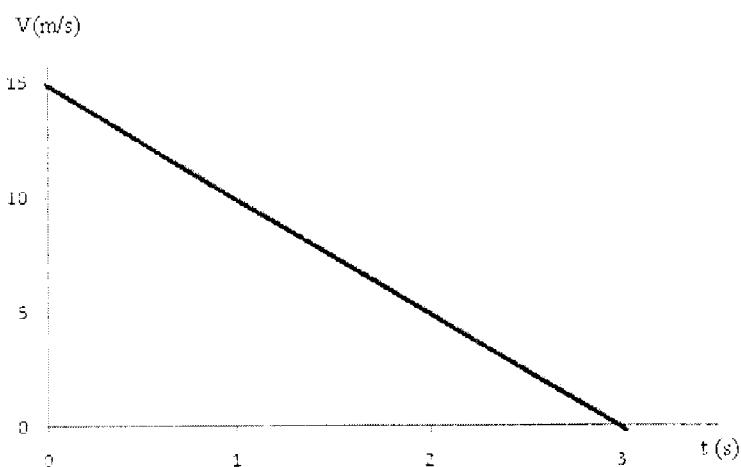
а пошто је у тренутку заустављања аутомобила брзина нула, добија сe:

$$v_o = a \cdot t,$$

Одавде јe:

$$t = \frac{v_o}{a} = 3 \text{ s}.$$

График брзине је приказан на следећој слици.



### **2.3. КВАНТИТАТИВНИ ЗАДАЦИ (РАЧУНСКИ ЗАДАЦИ)**

Задаци, код којих се одговор на постављено питање не може добити без примене одговарајућих формула, обављања низа математичких операција и нумеричког израчунавања, називају се **квантитативни задаци** или **рачунски задаци**.

Решавање квантитативних задатака није могуће без квалитативне анализе, на коју се надовезује квантитативна анализа и одређивање непознатих физичких величина уз помоћ математичких операција. Код ових задатака неопходна је систематичност у решавању. Да би се у довольној мери могла обављати потребна вежбања и решавање задатака, годишњим планом се предвиђа потребан број часова за утврђивање знања и стицања умења. Како тај број најчешће није довољан наставнику остаје да путем задавања домаћих задатака и сталном контролом њихове израде остварује задатке као што су продубљивање знања, утврђивање, развијање способности мишљења.

У нашој наставној пракси постоји неуједначеност у погледу обима и квалитета рада на решавању рачунских задатака. Док се у неким школама највећи део наставе физике састоји у решавању рачунских задатака, дотле се у поједним школама и код неких наставника задаци уопште не раде или врло мало а домаћих задатака нема. Познати су случајеви да неки наставници не показују ученицима како треба решавати сложеније задатке а такве стално дају за домаћи. Мали је број наставника који довољно познају и правилно примењују методику извођења вежбања у решавању рачунских задатака.

У функцији вежбања ученика у решавању задатака из физике, сваки наставник би морао имати правilan одговор на следећа питања:

- 1) Који ће се задаци од мноштва задатака употребити на часовима изучавања новог градива, који ће се радити на посебним часовима за вежбање а које задатке треба дати за домаћи рад;
- 2) Како ће се ученици научити да у решавању задатака иду добним методичким путем;
- 3) Какви типови задатака у датој тематској области постоје и шта их карактерише;
- 4) Које посебне напомене треба давати ученицима у вези са решавањем задатака из изучаване области физике;
- 5) Који су основни појмови, закони и формуле помоћу којих се задаци из дате области успешно решавају;
- 6) Како организовати вежбања у решавању задатака.

Док за квалитативне и графичке задатке посебних збирки код нас нема, за рачунске задатке постоје десетине различитих збирки. Према томе, могућности за избор добрих задатака су доста велике. Ипак сваки наставник мора узети у обзир следеће сугестије у погледу избора задатака:

а) задаци треба да буду такви да се у току њиховог решавања основна пажња поклања физичкој страни задатка, тј. разумевању услова, одвајању битног од небитног, уочавање основних физичких процеса, примени важних физичких закона, а да се избегавају задаци у којима има сувишног трошења времена у обављању сложених математичких операција.

б) прво се раде једноставнији и лакши задаци, уз поштовање принципа поступности и систематичности а затим се постепено укључују у вежбања све сложенији задаци.

в) унутар исте теме задаци треба да буду повезани, тј. да решавање нових буде засновано на неким знањима и умењима стеченим на претходно рађеним задацима и да дају могућност за уочавање сличности и разлика новог са већ познатим.

г) у погледу садржине треба радити не само оне задатке који конкретизују примену теоријских знања, већ и оне који истовремено потпомажу развијање способности мишљења, мотивишу ученике на решавање задатка. Са овог становишта треба настојати да се решавају задаци који ученика доводе до неке новине у садржајном и процесуалном смислу (умењу).

У вези са методиком вежбања израде задатака, која се користи у нашој школској пракси, постоје индикације да је она релативно лоша и да се у настави физике користи више "захтевање" него пружање помоћи у стицању умећа за примену теоријских знања. У одсуству праве методике увежбања израде задатака на часовима физике ученици се навикавају да праве формалне покушаје и пробе, узимајући час једну час другу "спасоносну" формулу, у нади да ће их нека од њих довести до крајњег решења, које се најчешће даје уз задатак.

Карактеристика постојећих збирки задатака је да се у њима дају готова решења, комплетно или се само указује који су то физички закони, односно формуле, помоћу којих се добија одговор на постављена питања односно задатак.

У одсуству потпуних решења чини ми се највећу тешкоћу за ученике представља одлука о томе одакле почети са израдом задатка. Пракса је показала да није проблем у коришћењу закона него у правом избору истих. Они не знају које законе и зашто треба применити при анализи и решавању конкретног случаја. Умеће избора пута решавања, управо је доказ о дубини разумевања физике. За ученике је најтеже



да знајући алгоритам решавања објасни зашто баш примена употребљеног закона доводи до решења а не неки други закон.

Недостатак методике обављања вежбања у решавању задатака је и у томе што се у процесу решавања задатака не настоји да ученици обаве све нужне операције по етапама, већ се допушта да како ко зна и уме долази до потребног решења, заборављајући главне циљеве вежбања а то су понављање, провера знања, развој мишљења и систематско стицање знања.

Потребну систематичност и користи од ње у решавању задатака ученици могу стећи уколико наставник стално захтева да се код решавања сваког рачунског задатка обавезно и утврђеним редом обављају потребне радне операције. Овај захтев пак не треба схватити као "прописивање рецептуре", која спутава ученичку креативност, оригиналност.

Основне етапе у процесу вежбања у решавању задатака су:

1. Саопштавање или читање задатака и прегледно записивање датих, потребних и тражених података;
2. Скраћено понављање захтева и задатака и израда помоћног цртежа ако је то потребно и корисно;
3. Анализа услова и тражење идеје по којој ће се задатак решавати;
4. Добијање решења;
5. Провера решења путем свођења јединица или вршења димензионе провере;
6. Замена бројних вредности и груба процена реда величине резултата а затим строго израчунавање;
7. Дискусија решења (да ли решење има физички смисао, да ли постоји могућност решења на други начин);

### Пример квантитативног задатка:

#### Задатак 1 (пример задатка средње тежине):

Ограничење брзине на делу пута је  $60 \text{ km/h}$ . Да ли је возач мотора начинио прекршај ако је на том делу пута постигао убрзање  $0.31 \text{ m/s}^2$  за  $1.5 \text{ min}$ ?

Решење:

$$v_{ogr} = 60 \text{ km/h}$$

$$a = 0.31 \text{ m/s}^2$$

$$\underline{t = 1.5 \text{ min} = 90 \text{ s}}$$

$$v_o = ?$$

$$v_o = a \cdot t = 0.31 \text{ m/s}^2 \cdot 90 \text{ s} = 27.78 \text{ m/s} = 100 \text{ km/h}$$

Пошто је возач мотора достигао брзину од 100 km/h, на делу пута где је ограничење брзине 60 km/h, он је начинио прекршај.

**Задатак 2 (пример задатка средње тежине):**

Часовник показује 17 h и 30 min. Петар је кренуо у биоскоп. Фilm почиње у 18 h. Да ли ће Петар стићи на почетак филма ако се креће средњом брзином 3.96 km/h и при томе постиже убрзање од 0.001 m/s<sup>2</sup>?

**Решење:**

$$\underline{t_{ogr} = 30 \text{ min}}$$

$$v = 3.96 \text{ km/h} = 1.1 \text{ m/s}$$

$$\underline{a = 0.001 \text{ m/s}^2}$$

$$t = ?$$

$$t = \frac{v}{a} = (1.1 \text{ m/s}) / (0.001 \text{ m/s}^2) = 1100 \text{ s} = 18.33 \text{ min}$$

Петар до биоскопа стиже за 18 min, тако да ће стићи на време за почетак филма.

**Задатак 3 (пример тежег задатка):**

Павле је дечак који много воли возове, зато је одлучио да оде на железничку станицу и посматра их. Први вагон воза који полази из станице пролази поред Павлете тачно 2 s.

a) За које време прођи цела композиција (вагони + локомотива) која се састоји из 9 идентичних вагона?

б) Колико времена пролази поред Павлете последњи вагон ако се воз креће равномерно убрзано?

**Решење:**

a) Ако је  $\ell$  дужина једног вагона, а  $t_1$  време за које прође један вагон поред

Павлете, тада је  $\ell = \frac{a \cdot t_1^2}{2}$ . За целу композицију је  $\ell = \frac{a \cdot t_9^2}{2}$ .

Дељењем ових израза добија се  $9 = \frac{t_9^2}{t_1^2}$ , па је  $t_9 = 3t_1 = 6$  s.

б)  $\Delta t = t_9 - t_8 = t_1 (3 - \sqrt{8}) = 0.34$  s

## 2.4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ЗАДАЦИ

Под појмом *експериментални задатак* (квантитавног или квалитативног карактера) подразумевају се:

- а) Задаци у којима се тражи да се решење експериментом провери
- б) Задаци за чије решење је неопходно да се најмање један од потребних података одреди експерименталним путем
- в) Задаци чији услови не садрже никакве податке са бројним вредностима а решење се добија експерименталним радом
- г) Задаци који сликом, односно схемом показују ситуацију у неком експерименталном раду у погледу начина везивања, вредности мерних података и сл., а од ученика се тражи да усмено или у писаном облику дају одговоре на низ питања теоријског или експерименталног карактера

За сваки тип експерименталног задатка користе се већ утврђени методички стандарди: анализа услова задатака, тражење везе између датих и тражених података, одређивање потребних података експерименталним путем, решење и дискусија решења.

Експериментални задаци су најчешће комбинација кратког експеримента, логичког расуђивања и одговарајућих израчунавања. Значај експерименталних задатака у настави физике је изузетно велики. Неспорна је чињеница да су задаци ове врсте ученицима врло интересантни, ради их решавају и случаје им као ефикасно мотивационо средство у учењу физике. Показало се да експериментални задаци из физике знатно доприносе развијању ученичког мишљења, омогућавају природно повезивање теорије и праксе, развијају посматрачке способности и умења ученика, обезбеђују стицање основне техничке културе.

Чињеница је да се код нас експериментални задаци готово уопште не раде са ученицима. Стање тоталног одсуства експерименталних задатака у нашој наставној пракси према најновијим истраживањима има за последицу чињеницу да међународним такмичењима наша екипа заузима ниско место, док се у теоријском делу постижу запажени резултати појединача. Узрок слабог екипног пласмана налази се у недовољној припремљености наших такмичара за решавање експерименталних задатака. Такви задаци се не раде а као оправдање наводи се одсуство одговарајућих средстава за експериментални рад, што је само делимично тачно.

Чак и у потпуном одсуству опреме могу ученици стећи основне представе и знања за решавање експерименталних задатака. Ово се постиже теоријским решавањем посебне врсте експерименталних задатака, тзв. "ситуационих задатака". То су задаци који сликовито приказују експерименталне ситуације, начин повезивања компоненти потребних шема, показивање мерних инструмената и друге информације о датом експерименту или процесу.

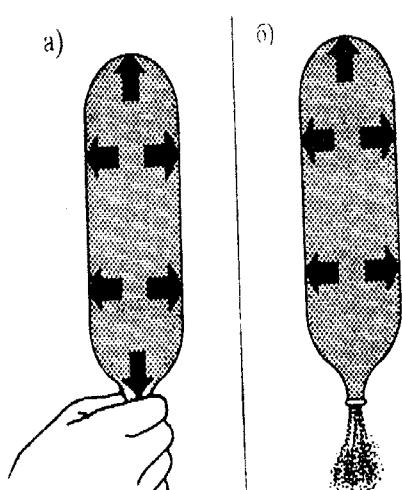
### Пример експерименталних задатака:

#### Задатак 1:

На располагању имате дугуљасти гумени дечији балон. Како ћете помоћу наведеног материјала приказати истинитост закона акције и реакције (III Њутнов закон) ?

#### Решење:

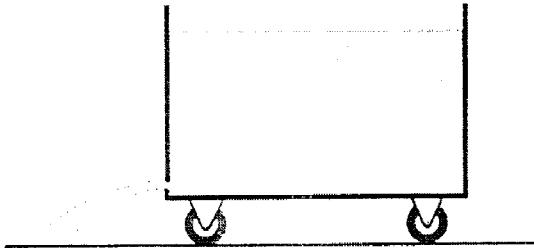
Полази се од чињенице да је потребно доказати следећу тврдњу: сила акције је увек по интезитету једнака сили реакције. Ове силе су истих правца, а супротних смерова.



Када се надува дугуљасти гумени дечији балон (слика а) и ослободи отвор балона (слика б) сила еластичности балона истискиваће ваздух кроз ослобођени отвор. Интезитет силе којом балон истискује ваздух (акција) једнака је интезитету силе која делује на балон (реакција) и потискује га у супротном смеру (реакција). Ово је принцип реактивног погона (ракета).

#### Задатак 2:

На располагању имате колица, посуду са отвором на једној страни и воду. Ставите посуду са отвором на једној страни на колица. У тако припремљену посуду сипајте воду. Шта ће се догодити и зашто када вода из посуде на колицима почне да истиче кроз отвор на једној страни?



**Решење:**

Као у претходном задатку овде је могуће користити следећу тврђњу: сила акције је увек по интезитету једнака сили реакције. Ове силе су истих праваца, а супротних смерова.

Када се у посуду на колицима сипа вода, вода ће почети истицати из суда. Интезитет силе која истишкује воду (акција) једнак је интезитету силе реакције. Пошто су ове две силе супротних смерова колица ће се кретати у супротном смеру (реакција) у односу на истицање воде из суда.

## 2.5. ДОМАЋИ ЗАДАЦИ

Настава физике нужно представља домаће задатке. То је један од основних облика самосталног рада који представља природан и логичан наставак часа. Они омогућавају да ученици спонтаније испоље своје знање, могућности и способности у домаћем природном амбијенту. Обично се задају у оквиру сваког наставног часа. Задаци треба да буду примерени и по тежини и обиму и усклађени с актуелним садржајем наставе. Они не могу да буду одабрани случајно, већ тако омогућавају ученицима да дубље и конкретније разраде и схвате физичке појаве и њихове законитости. Наставник треба да зна која места у наставној грађи треба да буду покривена домаћим задацима. То се односи како на теоријске проблеме ,тако и на техничко –практичну примену усвојеног знања. Без обзира на то колико били савремени наставни часови физике, они су временски ограничени. За самостално увежбавање, понављање пређеног градива, његову конкретизацију, примену у пракси и животу, самооцењивање сопственог знања, увек недостаје време. Домаћи задаци, све то у одређеним размерама надокнађују. Они су на тај начин, у извесном смислу продужени облик наставе, неопходан за добијање солидарнијих, дубљих и трајних знања.

Наставник планира домаће задатке у својој редовној припреми за час. Приликом одабира задатака, неопходно је тежину задатака прилагодити могућностима просечног ученика и дати само оне задатке које ученици могу да реше без туђе помоћи. Домаћи задаци односе се на градиво које је обрађено непосредно на часу (1 – 2 задатка) и на повезивање овог градива са претходним (1 задатак). Анализа решених задатака врши се на првом следећем часу, како би ученици добили повртану информацију о успешности свог самосталног рада и на тај начин утврдили грешку у изради и отклонили нејасно и ненаучено.

## 2.6. ЗАШТО РАДИМО ЗАДАТКЕ ИЗ ФИЗИКЕ ?

Физика је једна од наука која проучава и објашњава природне појаве: механичка кретања, топлотне појаве, електричне, магнетне, светлосне, структуру материје... У оквиру теоријске наставе физике упознајемо се са физичким величинама и физичким законима.

Ако зnamо да саопштимо дефиницију неке величине или зnamо да напишемо формулу која одговара неком физичком закону, то не значи да смо заиста стекли сазнање с тим појмовима или појавама нити да смо их разумели. Наше знање је право онда када умемо и да га употребимо: да бисмо израчунали вредност неке величине, објаснили неки пример који нам је познат из свакодневног живота, а у уџбенику се не спомиње конкретно, разумели рад неке машине, можда и сами конструисали неки уређај и тако даље. Управо томе – да наше знање не буде само формално и пасивно, него активно и примењиво, треба да допринесу, између сксталог, и рачунски задаци.

Дакле, важно је радити задатке да бисмо:

- честим коришћењем појмова и формула утврдили знање о физичким величинама и законима и трајно их запамтили;
- анализирајући постављени проблем боље уочавали повезаност појава, чиме се наше знање продубљава, проширује, постаје „квалитетније“;
- решавајући конкретне примере из свакодневне праксе сагледали значај физике и потребу за њеним учењем;
- развијали способност да мислимо, повезујемо, закључујемо, што је битно не само у физици него у свакој животној ситуацији;
- оснапсабљавали се за самосталан рад и самосталним радом истицали и развијали своју оригиналност;
- успешним решавањем тежих задатака стекли самопоуздање, заволели физику и пожелели да радимо и напредујемо и више од оног што захтева обавезан школски програм.

Наравно, то су само неки од разлога због којих треба радити задатке из физике.

## 2.7. КАКО РАДИТИ ЗАДАТКЕ ?

Сваки задатак је целина за себе, третира посебну појаву и не постоји јединствен модел или шаблон којим би се могао решити сваки рачунски задатак. Међутим постоје нека правила којих се ученици могу придржавати да би лакше стигли до решења.

1. Пошто се прочита текст задатка и схвати његов смисао, треба записати све физичке законе и дефиниције које он садржи. Не треба се прихватити решавања задатака ако се предходно не провери способност да се самостално, без помоћи књига искажу одговарајући закони и наведу услови њиховог важења као и да се уочи њихова логична веза са постављеним проблемом. Не треба сматрати да се закони познају ако се не могу прецизно формулисати.

2. На основу предходног размишљања потребно је написати дате податке и означити оне које се траже. Затим је потребно скицирати слику задатака и на њој означити све величине које су дате и које се траже, држећи се правила да се сваки задатак у физици може приказати сликом и да је та слика пола решења што је сасвим оправдано и доказано. Већи део задатка из физике није уопште могуће решити без слике, а код осталих је велика олакшица, нарочито за почетнике.

3. Тек на основу свега овога, поставља се једначина, или више њих, које интерпретирају законе физике, чије решавање води проналажењу резултата.

4. Ради једноставније математичке интерпретеције, када је то могуће, треба увести олакшавајуће претпоставке. Неке од њих су садржане у тексту задатка, а понекад их треба уочити и учинити самостално.

5. Једначине треба решавати у општем облику, јер се тако избегавају гломазне нумеричке операције и смањује вероватноћа појаве рачунских грешака. Осим тога, једино анализом општег решења могу се предвидети све могућности задатака и његов физички смисао.

6. Уопштем решењу фигуришу само ознаке оних величине чије су бројне вредности дате, као ознаке познатих физичких константи.

7. Пре него што се изврши њихова замена потребно је ускладити јединице ових величина треба их изразити у истом систему јединица.

8. Дискусија решења, која подразумева разматрање два питања: да ли решење има физички смисао и да ли постоји могућност да се дати задатак реши и на други начин?

**Задаци за увежбавање** су једноставни задаци који обухватају једну појаву или један закон. При решавању ових задатака врши се простира анализа и једноставније израчунавање уз коришћење једне, највише две формуле. Неколико оваквих задатака задаје се после обраде неког, за ученике новог закона или физичке величине, ради њихове конкретизације. У почетку задаци треба да садрже такве бројчане податке да би израчунавања повезана са њиховим решавањем могла да се изврше усмено. Овакво, усмено решавање задатака, активира педагошки процес, помаже да се дубље схвате садржаји поједињих појмова, да се објасни функционална зависност међу величинама и сл.

За кратко време оваквих увежбавања ученици усвоје тај појам, одговарају сигурно и израчунавају у одређеним јединицама.

Од задатака који се решавају усмено, једном рачунском радњом, постепено се прелази на задатке који се решавају са 2–3 рачунске радње и касније на комбиноване.

Задаци за увежбавање задају се и за домаћи задатак да би ученици утврдили и запамтили нове термине, да би утврдили појмове и дефиниције, да би запамтили формуле, да би научили називе јединица и неких физичких константи, да би научили да у формуле замењују бројчане вредности у јединицама међународног система и на крају, да би код ученика развијали навике за решавање задатака из физике.

**Комбиновани задаци** су сложенији задаци за чије решавање треба применити више закона и формула из разних области физике. Ови задаци су најподеснији за уопштавање градива, за продубљивање ученичких знања и проширивање њихових представа о универзалности физичких појмова и закона (на пример, закона о одржању енергије). Помоћу ових задатака повезује се ново градиво са раније пређеним, као и разне области физике, а ученици се, решавајући их, навикавају да самостално одабирају потребне законе и формуле и користећи их налазе правилно решење.

Решавањем комбинованих задатака појмови који су код ученика оформљени при обради, на пример, градива из механике, обогаћују се, проширују и продубљују ако их примењујемо при обради звучних, топлотних, електричних и других појава.

## **2.8. КРИТЕРИЈУМИ СЛОЖЕНОСТИ ЗАДАТКА**

Критеријуме сложености задатака можемо поделити на *субјективне* и *објективне*.

*Субјективни* критеријуми сложености обично се своде на субјективну процену ученика или наставника да ли је неки задатак тежак или лак. Ова процена углавном се базира на чињеници да ли је ученик знао да реши задатак или не.

*Објективне* критеријуме процене тежине задатака можемо такође поделити у две групе, и то на *апсолутне* и *релативне*.

*Апсолутни* критеријум сложености задатака представља број логичких и математишким операција које треба извршити при решавању задатака, као и колико су те операције стандардне. Задатци са мањим бројем стандардних операција представљају задатке са мањим степеном сложености такозване лаке задатке.

*Релативни* критеријуми сложености представљају степен повезаности математичких и логичких операција. Код једноставних задатака користе се логичке и математичке операције које ученици целе популације. За решавање задатака већег степена сложености користе се операције које изучавају ученици који су даровити за физику. Ове критеријуме називамо релативним зато што се степен сложености неког задатка на основу њих мења са разредом у којем се тај степен одређује.

## 2.9. АНАЛИЗА ЗАДАТКА ПО СТЕПЕНИМА СЛОЖЕНОСТИ

Задатке уопште према степену сложености можемо поделити у три нивоа.

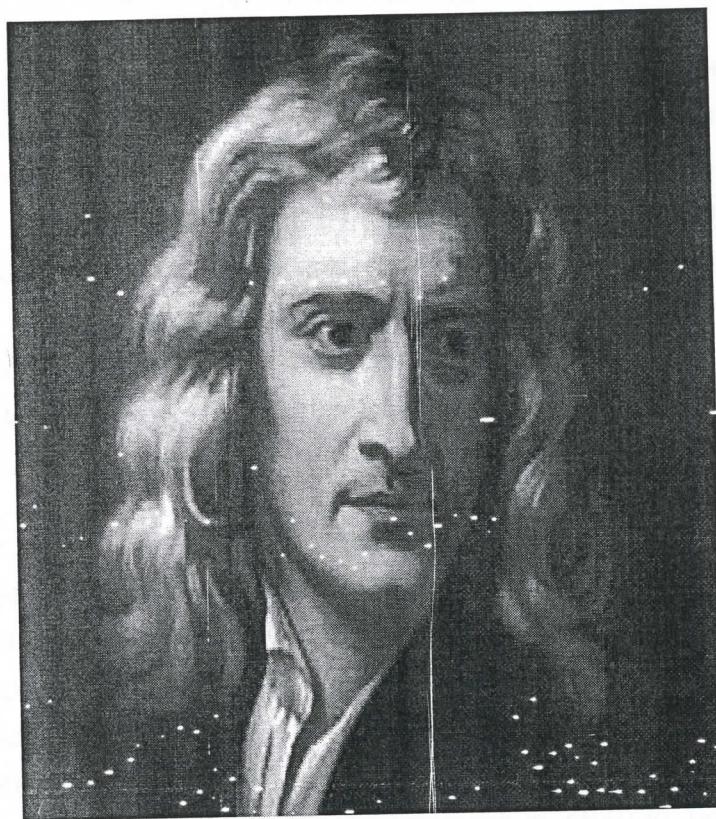
*Први ниво* чине задатци са најмањим степеном сложености. У ове убрајамо оне за чије решавање је довољна једна или две логичке операције и неколико математичких стандардних операција.

*Други ниво* су задатци већег степена сложености. Уове задатке убрајамо задатке са више од три логичке операције од којих неке могу бити везане и за другу наставну тему која се изучава исте године. Овде се подразумева неколико математичких операција од којих не морају бити све стандардне.

*Трећи ниво* су задаци са највећим степеном сложености. Овде не само да се број логичких операција повећава него су у задатку могуће и логичке операције које се изучавање ранијих година ученичког школовања. Код овог типа задатка веома често нека логичка операција везује се за слику коју треба користити за решавање задатака. Поједини задатци уз текст подразумевају слику коју аутор задатка даје. Има задатака који не садрже слику, али је за њихово решавање готово обавезно да се нацрта слика на основу текста како би задатак могао бити решен.



### 3. ИСАК ЊУТН



Исак Њутн (1642-1727)

Исак Њутн је рођен превремено, 25. децембра 1642. год у Вулздорпу Грендема (Енглеска) непосредно иза очeve смрти. Био је у моменту рођења толико ситан да је могаостати у лонац од једног литра како је говорила његова мајка, и тако слабашан да нико није веровао да ће преживети. Када је навршио три године његова мајка је засновала други брак, а мали Исак је остао код бабе по оцу која се бринула о његовом детинству. У сеоској школи, у родном месту, научио је да чита, пише рачуна. Пошто су Исакови ближи сродници имали високо образовање били су лекари, свештеници и апотекари, природно је што су га после завршене основне школе одвели у Грендем и уписали у Краљевску школу која је припремала ученике за универзитетске студије.

Када је Исак напунио 14 година умро му је очух и његова мајка се са троје деце из другог брака вратила у дом Њутнових. Она је 1658. године прекинула синовљево школовање да би га везала за фармерске послове. Исаков боравак на селу трајао две године, али од његове помоћи на имању није било велике користи. Он је много више времена посвећивао прављењу разних механичких уређаја. Његов ујак, који је на Кембрију стекао високо свештеничко образовање, затекао га је једном како дубоко размишља над једним математичким задатком. Зато је ујак посредовао код мајке да Исак ипак настави прекинуто школовање. Мајка, која се и сама убедила да од Исака никада неће постати добар пољопривредник, уздахнула

је и рекла: "За пољопривреду није. Могао би бар покушати да постане учен човек". Тако је Њутн после двогодишње паузе наставио своје образовање у Грентему.

Упочетном периоду свог школовања Исак није био добар ћак по сопственим речима био је непажљив на часу, а по успеху је спадао међу најслабије у разреду. Пошто је истовремено био и физички слабо развијен, није уживао углед међу школским друговима. Тако је било све док у једној школској тучи није добијо толике бatinе, да се од болова онесвестио. После тога Исак је донео чврсту одлуку да се избори за свој углед међу друговима тиме што ће постићи бољи успех у учењу. Упорност коју је испољио борећи се за остварење постављеног задатака донела је убрзо своје плодове. Исак је по успеху заузео у разреду прво место и задржао га је све до завршетка средње школе.

Још као дете и дечак Њутн је био повучен и препуштен самом себи и својим маштањима. Волео је да прави механичке играчке моделе воденица, аутоматска колица, водене и сунчане часовнице и испољио је љубав према занатима који захтевају велику прецизност и вештину ручне израде. Мали бројчаник сунчевог часовника, који је он као дечак начинио и поставио на зид своје родне куће, данас се чува у Музеју Краљевског друштва. Уживао је да пушта змајеве. Правио их је с фењерима од хартије у разним бојама и пуштао их је обично ноћу. Сутредан би трчкарао по околини и у шали причао како су се појавиле нове комете. Свој први научни оглед извео је још као шеснаестогодишњи дечак. Одредио је брзину ветра за време буре мерећи дужине својих скокова у смеру дувања ветра и у супротном смеру.

Њутн је примљен у Тринити колеџ у Кембрију 1661. год као „субсејзэр“ сиромашнији студент који пружа техничко-лаборантске услуге старијим студентима како би дошао до средстава за школовање. У току студија он је проучавао елементарну математику, астронмију, физику, теологију, географију, стране језике посебно латински итд. Међутим, његово интересовање за математику и природне науке нису подстакли професори колеџа већ, према његовим биографијама, случајан стицај околности. У лето 1663. године купио је на вasherу књигу из астрологије. У тој књизи је нашао једну геометриску слику коју није разумео, па је зато купио и Еуклидове Елементе. Они су га одушевили, па како их је са лакоћом савладао, наставио је да проучава далеко тежа дела, као што је, на пример, била Декартова Геометрија. Та два дела су у њему распламсала интересовање за природне науке, захваљујући чему је у кратком временском периоду успео да стекне све академске степене и да већ 1667. год. буде примљен за члана Тринити колеџа, а 1669. год. за професора математике и физике у Кембрију. Професорима овог колеџа, према средњовековној традицији које су се придржавали и у 17. веку, није била дозвољена женидба, па се зато Њутн самим својим

опредељењем за рад на универзитету истовремено и одрекао могућности заснивања сопствене породице.

У раздобљу од 1661. до 1669. год Њутн се развио у научника врхунске самосталности и оригиналности. У том периоду идејно су настала сва његова најважнија научна открића на пољу математике и оптике. Посебно место у овом периоду заузимају две године стваралачког осуства од 1665. до 1667. године, које је Њутн силом прилика добио за време епидемије куге која је тада харала по енглеским градовима. Да би се спасили од болести, људи су из градова бежали на села, па је Њутн, препун нових идеја, знања и планова, у тишини родне куће разрадио целокупан програм свог истраживачког рада. Понесен стваралачким одушевљењем, он је те две године у великој мери и остварио замишљени научни програм.

Њутнови резултати припадају трима научним дисциплинама физици, математики и астрономији. Иако се у његовим открићима налазе и она која која су одговорила на питање „Зашто планете круже око Сунца, ипак биографи за Њутна кажу да је он пре свега генијални физичар. „Астрономија је његова ћиновска лабораторија, а математички методи – генијални инструмент”, каже Вазилов, један од најпознатијих Њутнових биографа.

Њутна је у физици занимао експеримент и теорија. Међутим, јединствено радно начело у оба периода његовог стваралаштва било је “Не измишљам хипотезе”. Руковођењем тиме Њутн је био изузетно строг према резултатима свог рада. Његова дела су писана прецизним језиком, а сваки закључак је поткрепљен или експериментом или математичким доказом. Њутн је поседовао ретку и драгоцену способност да вешто испланира, прилагоди и оствари експеримент који ће га директно довести до закључка. Особине Њутна као генијалног истраживача-експерименталисте долазе до пуног изражaja у његовим делима која се односена испитивања особина светлости. Лекције из оптике, *Нова теорија светлости и боја* и *Оптика Њутнова* дело *Нова теорија светлости и боја*, које је саопштено пред Краљевским друштвом 1672. године, први пут је показало научној јавности колика се моћ крије у експерименталној физици ако се њена истраживања осмисле коришћењем нове методологије која је никла и сазрела у Њутну вероватно под утицајем Еуклидових Елемената и Декартовог мудрог правила; „Да би се нашла истина, потребно је бар једном у животу све подвђи сумњи уколико је то могуће. Њутн је открио истине о боји светлости и другим њеним особинама захваљујући низу изванредно осмишљених огледа са призмом. Из њих је закључио све.

Оно што ми данас учимо у оптици боја је основно својство светлости постоје просте и сложене бојес; сложене боје су мешавина простих; индекс преламања зависи од боје светлости итд. Међу Нутновим савременицима ови закључци су

изазвали буру негодовања, јер се до тада сматрало да су боје мешавина светлости и мрака. Њутн је изгубио много драгоценог часова на вођење некорисне полемике. То га је психички исцрпњивало па је, иако победник, на крају свега заузео одбојан став према објављивању својих научних резултата. Сва његова дела, која су доцније за живота штампана, објављена су само захваљујући великим притиску његових поштовалаца и пријатеља.

Њутнова Оптика или расправа о одбијању, преламању, савијању и боји светлости доживела је за време његовог три издања, а за касније генерације постала је школа експеримената и то не само у области светлосних појава, већ и у свим гранама физике. У предговору Њутнове Оптике, која је прештампана у нашем веку, Алберт Ајнштајн је Њутнову величину окактерисаоим речима „За Њутна је природа представљала отворену књигу коју је он читao без напора. Појмови којима се служио да среди огледни материјал спонтано су произилазили из искуства, из дивних огледа које је он ређао као играчке, описујући их с пуно љубави и појединости. У једној личности Њутн је објединио експерименталисту, теоретичара, и што није неважно рећи, уметника излагања. Њутн пред нама стоји моћан, поуздан и јединствен.“

Њутнова умешност у прављењу прецизних уређаја дошла је до пуног изражаваја при изради првог телескопа-рефлектора чији је сваки део он сам израђивао. Сви телескопи пре Њутна користили су сочиво за објектив, код Њутновог телескопа сочиво је замењено огледalom. На посебне тешкоће Њутн је наилазио при изради огледала, сам је пронашао поступак израде и глачања површине металне легуре од које је огледало било начињено. Најбољи лондонски мајстори учили су од Њутна нове методе глачања метала. 1671. год. Њутн је свој телекоп поклонио краљу. Као јединствен у свету овај телескоп је постао национални понос Енглеске и сачуван је и данас у Музеју Краљевског друштва.

Најпознатије Њутново дело су његови чувени *Математички принципи природне филозофије*. Датум појаве Њутнових Принципа сматра се најзначајнијим датумом у историји физике. То је стога што ово дело сумира сва дотадашња знања о механичком кретању на Земљи и у Сунчевом систему и та знања систематише на потпуно нов начин који представља путоказ за развој осталих области теориске физике.

Према Њутновој замисли циљ Принципа је да се докаже закон опште гравитације као непосредна последица примене основних закона кретања. Да би то постигао, Њутн је морао да пронађе нове математичке методе, јер методи класичне геометрије нису били довољни.

Издавањем Принципа 1687. год. завршава се главни стваралачки период у Њутновом животу. Велике замисли из студенских дана биле су кроз ово дело

углавном остварене. Његова научна активност у преосталих 30 година живота свела се углавном на прерађивање раније објављених резултата из физике и математике, као и на извођење експеримената из хемије којима је и раније посвећивао доста времена али из те области своје резултате није штампао.

Од 1669. год. Њутн је прешао у Лондон јер се прихватио дужности главног директора Државне ковнице новца. Звучи изненађујуће, али творац Принципа је био и веома способан организатор. Захваљујући његовим напорима и знање енглески ковни новац постављен је на здрав основ. Због обавеза на новом радном месту Њутн се 1701. год. одрекао професуре и чланства у Тринити колеџу. Међутим, и поред тога његова научна слава није тамнела-његови научни резултати из предходног периода учинили су да су му универзитет и читава Енглеска одали сва признања за његов самопРЕГОРНИ и стваралачки рад а 1703. год изабран је за предсеника Краљевског друштва, а 1705. год. краљица му је доделила племићку титулу „сер”.

Кад је изабран за председника Краљевског друштва Нутн је, по традицији, поклонио Друштву нов апарат. Био је то механизам који пали предмете помоћу сунчавих зракова. На седници Друштва Њутн је лично приказао свој изум топио је разне комаде метала и парчади цигле.

Задњих десет година живота Њутн је провео у миру, обасут почастима двора и читаве Енглеске. Млађи нараштај научника га је поштовао а родбина брижљиво неговала. Али без обзира на висок углед, Њутн је до kraja живота оста скроман, једноставан и штедњив. Умро је 21. марта 1727. год. у 84-тој години живота.

Научно дело Исака Њутна је надживело своје време. Доцнији развој науке није умањио његову величину. Напротив, што су људи дубље продирали у тајне природе, тиме су се више дивили огромном научном капиталу који је Њутн оставио доцнијим поколењима у наслђе. Сам Њутн је био свестан да је океан природних тајни неисцрпан и веровао је да ће у будућности нићи нова дела која ће моћи да пореде с његовим Принципима. Непосредно пред смрт, у присуству пријатеља, Њутн је изговорио ове речи „Не знам какав изгледам свету, али сам себи личим на дечака који се игра на морској обали и ужива кад с времена на време пронађе по који каменчић шаренији од осталих или црвену школјку, док велики океан истине стоји предамном неиспитан. Ове речи можемо примити као Њутнову поруку млађим нараштајима.

### **3.1. ЊУТНОВИ ЗАКОНИ**

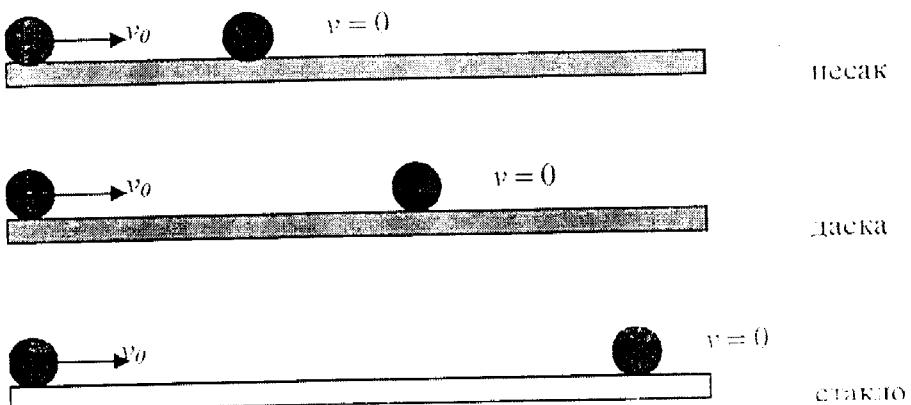
Законе динамике које је установио Исак Њутн, носе његово име. На њих треба гледати као систем узајамно повезаних закона. Њутнови закони су скуп од три основна закона класичне физике. Они описују везу између кретања тела и силе која делује на тело. Објављени су у књизи Математичке основе физике из 1687. године. Ови закони чине темељ 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 одржало кретање тела. Када је установљено првим Њутновим законом да је њихово сматрање погрешно. Тако да за одржавање равномерног кретања никада сила није потребна. Сила се сматра као разлог промене количине кретања тела. Сила као мера интезитета узајамног деловања тела, показује промену количине кретања.

Сила је један од најелементарнијих поjmova физици. То је векторска величина одређена правцем, смером и интезитетом, којом се описује међуделовање тела њихове околине и којом се објашњавају узроци кретања. СИ јединица за силу је **Њутн**, чија је ознака **N** у част Исаку Њутну.

#### **3.1.1. ПРВИ ЊУТНОВ ЗАКОН**

Промена брзине тела је резултат деловања других тела на дато тело, то јест резултат дејства сile. Какво је кретање тела ако на њега не делују сile, односно ако се дејства свих сила која на њега делују међусобно поништавају?

Познато је из свакодневног искуства да ако се на тело не делује непрекидно силом, тело се пре или касније, зауставља. Исто тако је познато да је потребно вући или гурати тело, да би се тело кретало сталном брзином. На основу овога би се могао извући погрешан закључак, да је равномерно кретање тела резултат деловања са неким другим телом. Грешка је у томе што се губе из вида друга тела чија се дејства на посматрано кретање откривају пажљивим проучавањем. Може се утврдити да та друга тела делу у силама трења или отпора и да је резултујућа сила у случају равномерног и праволинијског кретања једнака нули. Одавде следи да је, и у случају *када на тело не делују друга тела, кретање равномерно и праволинијско*. Ово је тешко проверити експериментално, пошто није могуће у потпуности отклонити дејства других тела. Што је резултујуће дејство других тела слабије, кретање је ближе равномерном и праволинијском кретању.



Слика 3.1 Кретање куглице по различитим подлогама

Ако се челичној куглици саопшти иста почетна брзина, у првом случају подлога је песак, у другом даска а у трећем случају стакло (сл. 3.1), анализирајмо шта се дешава:

- Кретање куглице по песку – до заустављања ће се кретати кратко време и прећи ће краћи пут.
- Кретање куглице по дасци – до заустављања ће се кретати дуже време и прећи ће дужи пут, јер даска делује слабијом силом трења на куглицу него песак.
- Кретање куглице по стаклу – до заустављања ће се кретати још дуже време и прећи ће много дужи пут, брзина куглице ће се још спорије смањивати, јер стакло делује много слабијом силом трења на куглицу него даска. Ово показује да, кад би било могуће отклонити дејство силе трења, куглица би се кретала истом брзином неограничено дуго. На основу оваквих размишљања Галилеј је закључио да се тело креће сталном брзином, ако на њега не делује друго тело.

Такође, познато је да је потребно да на тело делује нека сила да би се покренуло из мировања. Ово значи да се тело може покренути из мировања само када дејство других тела није једнако нули. Уопштавајући ове чињенице, Њутн је формулисао *закон динамике транслаторног кретања*:

**Тело ће остати у стању мировања или равномерног праволинијског кретања ако на њега не делују сile.**

Услов „не делују сile“ не сме се схватити буквално већ под њим треба подразумевати да је резултујућа сила која делује на тело једнака нули.

Из I Њутновог закона динамике следи даје збир свих сила које делују на тело једнак нули, ако је оно у миру или се креће равномерно праволинијски:

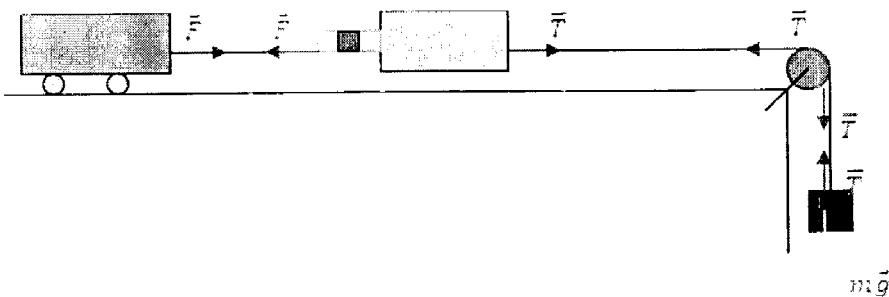
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n = \vec{F}_r = 0 \quad (3.1.1)$$

Појава да се брзина и правац кретања тела не мењају када на њега не делују друга тела, или се њихова дејства међусобно поништавају – назива се *инериција*. За тело које се креће равномерно и праволинијски, каже се да се креће по инерцији. Стога се I Њутнов закон често назива закон *инериције*.

### 3.1.2. ДРУГИ ЊУТНОВ ЗАКОН

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

Треба наћи везу између резултујуће силе и убрзања:



**Слика 3.2.** Веза између резултујуће силе и убрзања

Колица су преко динамометра и канапа пребаченог преко котура за тег (сл. 3.2). Величина сile којом тег делује на колица мери се динамометром. Убрзање колица може се наћи из пређеног пута и времена. Мерења у датом случају показују да је пут сразмеран квадрату времена што значи да је кретање колица равномерно убрзано. Стога се убрзање колица одређује из формуле:

$$a = \frac{2s}{t^2} \quad (3.2.1)$$

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

$$a \sim F \quad (3.2.2)$$

(ово неће важити ако подлога није довољно глатка јер тада на кретање колица утиче сила трења). Уколико се на колица додају тегови, тиме мењамо масу колица, мерења показују да је убрзање колица обрнуто сразмерно маси:

$$a \sim \frac{1}{m} \quad (3.2.3)$$

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

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

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (3.2.4)$$

*II Њутнов закон* може се формулисати и на следећи начин:

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

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad (3.2.5)$$

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

Из *II Њутновог закона* изведена је јединица за силу. Сила под чијим дејством тело масе  $1\text{kg}$  добиња убрзање  $1 \text{ m/s}^2$  узета је за јединицу сile која се назива **Њутн** ( $1\text{N} = 1\text{kg m/s}^2$ ).

### 3.2.1. ИНЕРТНОСТ

Чињеница да различита тела под дејством исте сile добијају различита убрзања, изражава се на та начин што се каже да тела имају различиту инертност.

Инертност је мерљива особина тела јер се може упоређивати, тј. може се дефинисати једнакост инертности. Два тела имају једнаку инертност ако под дејством силе истог интензитета добијају једнака убрзања. Инертност тела је утолико већа што је већа сила која је потребна да тело добије неко одређено убрзање. Инертност као једна од особина тела изражава се посебном физичком величином која се назива маса. *Маса је физичка величина којом се квантитативно описује инертност тела при транслаторном кретању.* Односно, маса је дефинисана као мера инертности тела. Треба напоменути да појам масе често остаје несхваћен због погрешне употребе ове речи. Често се каже: „маса о канап, маси је саопштено убрзање“ и слично. Оваквом употребе речи маса, губи се из вида да је маса особина тела, као што је прозрачност воде особина воде, а белина снега особина снега. Такође се често појам масе брка са појмом количина материје. Према Ајнштајновој теорији релативитета маса тела у кретању није константна, већ се повећава са повећањем брзине. Ако се под количином материје подразумева број атома или молекула у датом телу, јасно је да то не одговара појму масе, јер број атома у неком телу не зависи од брзине тела.

За јединицу масе-килограм (*kg*). изабрана је договором маса једног одређеног тела – ваљка направљеног од легуре платице (90%) и иридијума (10%), чији је пречник једнак висини (39 mm), који се чува у Севру крај Париза.

### 3.2.2. ФОРМУЛАЦИЈА II ЊУТНОВОГ ЗАКОНА

Други Њутнов закон може се написати и у нешто изменљеном облику који, често, олакшава решавање механичких проблема:

*Количник промене ипулса масе тела и временског интервала једнак је сили која на то тело делује током тог времена .*

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad (3.2.2)$$

$$\vec{F} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = m \frac{(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)}{t_2 - t_1} \quad (3.2.2.2)$$

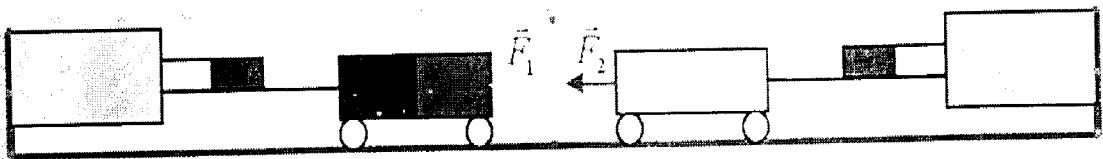
$$\vec{F} = \frac{m \vec{v}_2 - m \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\vec{p}_2 - \vec{p}_1}{t_2 - t_1} \quad (3.2.2.3)$$

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} \quad (3.2.2.4)$$

### 3.3. ТРЕЋИ ЊУТНОВ ЗАКОН

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

На пример, магнет причвршћен за једна колица и комад гвожђа причвршћен за друга колица делују један на други силама које се могу мерити динамометром закаченим за колица (сл. 3.3). Динамометар прикачен за колица са гвожђем показује величину сile којом магнет привлачи гвожђе; динамометар прикачен за колица са магнетом показује величину сile којом гвожђе привлачи магнет.



Слика 3.3 Дејство два тела једно на друго

Овај оглед не само што показује да постоје истовремено обе ове сile, већ и то да су њихове величине једнаке.

Ова чињеница представља садржину Трећег Њутновог закона који гласи:

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

Математички израз Трећег Њутновог закона је:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \quad (3.3.1)$$

Треба имати у виду да силе  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$  не делују на исто тело. Сила  $\vec{F}_1$  делује на прво тело, а сила  $\vec{F}_2$  на друго тело, стога је бесmisленo говорити о резултанттих сила пошто оне не делују на исто тело. Постоји још једна важна особина ове две сile, које се појављују при узајамном дејству тела. Те сile имају увек исту природу. Сила  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$  често се називај акција и реакција или дејство и противдејство, те се Трећи Њутнов закон формулише врло кратко:

*Акција је једнака реакцији, или дејство је једнако противдејству.*

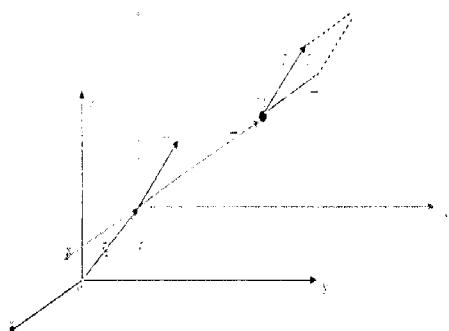
### 3.4. УСЛОВИ ПОД КОЈИМА ЊУТНОВИ ЗАКОНИ ВАЖЕ

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

#### 3.4.1. ИНЕРЦИЈАЛНИ СИСТЕМ РЕФЕРЕНЦИЈЕ

Може се рећи да карактер кретања тела зависи од карактера кретања посматрача. Први Њутнов закон не даје доволјно информација о томе у односу на који координатни систем ће тело, ако на њега не делују силе, по инерцији мировати или се равномерно праволинијски кретати. Наиме, кретање које је равномерно праволинијско у односу на један координатни систем, може бити убрзано у односу на други систем (који се креће неким убрзањем у односу на први). То значи да I Њутнов закон важи само за специјалну класу координатних система и да не важи увек. Систем у коме важи I Њутнов закон назива се инерцијални систем референције, а онај у коме не важи је неинерцијални систем референције.

Експерименталним путем је показано да се инерцијалним системом може сматрати хелиоцентрични систем, координатни систем у чијем је центру Сунце, а осе су, на одговарајући начин, управљене према далеким звездама. Инерцијалних система референције може бити бесконачно много, јер сваки систем који се креће праволинијски (или мирује) у односу на инерцијални систем је, такође, инерцијални систем.



Слика 3.4.1 Инерцијални систем референције

На слици (3.4.1) приказан је координатни систем  $K$  и координатни систем  $K'$  који се креће у односу на систем  $K$ , константном брзином  $\vec{v}_0$ . За сваки инерцијални систем важи следеће: време тече једнако, маса тела је константна, растојање између две тачке посматрано у истом тренутку из два система референције једнако је, релативне брзине две тачке мерење у истом тренутку исте су у свим инерцијалним системима референције, а силе узајамног дејства два или више тела такође не зависе од избора система референције, што значи да су сви закони динамике једнаки у свим инерцијалним системима.

#### 4. РАЧУНСКИ ЗАДАЦИ: ЊУТНОВИ ЗАКОНИ

Решавајући рачунске задатке из физике деца треба да науче и овладају методологијом решавања задатака, разумеју и примењују начин размишљања и пут долaska до решења, процењују да ли решење има реалан смисао:

У раду су приказане 4 групе задатака: прву групу задатака чине једноставни задаци, другу групу чине задаци који повезују управо добијена знања са предходно усвојеним, трећу групу чине сложени задаци, који повезују више физичких величина и закона који су релевантни за физичку појаву која се разматра у задатку, и четврту групу задатака чине најсложенији задаци који су заступљени на такмичењима различитих нивоа.

##### Прва група задатака

Овакви задаци представљају најједноставније задатке који се користе одмах после реализације наставних јединица у којима су обрађене дате физичке величине. Намена им је да деца провежбају и науче формуле физичких величина које су обрађене на часу. Практично, добро би било започети са вежбањем оваквих задатака, па прећи на сложеније.

Потребно је у текстове задатака унети и примере из реалног живота са којима се деца сусрећу у свом окружењу, на дискретан начин указивати деци да је физика важна и да има примену свуда око нас.

1. Коликом силом треба ударити лопту масе  $0.5 \text{ kg}$ , да би она кренула са убрзањем  $80 \text{ m/s}^2$ ?

Дати подаци:  $m = 0.5 \text{ kg}$

$$a = \underline{80 \text{ m/s}^2}$$

$$F = ?$$

Анализа: Ово је задатак којег ученици не сматрају тешким, а уједно га називају „уврсти у формулу“. Ипак, овај задатак захтијева од ученика да препозна ту формулу у коју треба тако једноставно да убаци задате параметре.

Сила се може одредити помоћу Другог Њутновог закона:

$$F = m \cdot a$$

$$F = 0.5 \text{ kg} \cdot 80 \text{ m/s}^2 = 40 \text{ N}, \quad F = \underline{40 \text{ N}}.$$

2. На тело масе  $2 \text{ kg}$  делује сила сталног интензитета од  $16 \text{ N}$ . Одреди убрзање тела ако се занемари сила трења.

Дати подаци:

$$m = 2 \text{ kg}$$

$$\underline{F = 16 \text{ N}}$$

$$a = ?$$

Анализа: Овај задатак ученици сматрају лаким и препознатљивим. Ученици препознају да је убрзање сразмерно сили која делује на тело а обрнуто сразмерно маси тела. Овај задатак решава велики број ученика посебно слабији ученици.

$$a = \frac{F}{m} = \frac{16 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2}}{2 \text{ kg}} = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

**3. Израчунај интензитет сile која телу масе од 7kg даје убрзање  $3 \frac{m}{s^2}$  (силе отпора занемарити)**

Анализа: Овај задатак нема неку озбиљну тежину. За ученике је лак задатак. Ученици долазе до закључка да је производ масе и убрзања једнак сили која делује на тело. Овај задатак има тежину основног нивоа знања.

Решење:

$$F = m \cdot a = 7 \text{kg} \cdot 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 21 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2} = 21 \text{N}$$

**4. Сила интензитета од  $0,2\text{kN}$  телу непознате масе саопштава убрзање од  $5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . Одреди масу тог тела.**

$$F = 0,2\text{kN} = 200\text{N}$$

$$\underline{m = ?}$$

Анализа: Задатак за нијансу тежи него предходних. Ученицима није тешко да одреде масу тела као однос интензитета сile која делује на тело и интензитета убрзања које тело добија деловањем те силе. Ученицима представља велику тешкоћу претварање јединица.

$$m = \frac{F}{a} = \frac{200 \text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$m = 40 \text{kg}$$

### Друга група задатака

С обзиром да се овакви задаци реализују са децом после оних једноставнијих када су деца, вежбајући их, већ научила формуле и мрнне јединице одговарајућих физичких величина, они не представљају проблем бар за већину деце- ученика у одељењу.. Избор задатака је такав да у процесу мишљења код деце ангажује осим, процеса разумевања, анализу и синтезу, компарацију и др.

У датим примерима (средње тешки задаци) деца повезују знања из наставне теме-Нјутнови закони, као и знања која се односе на равномерно променљиво праволинијско кретање, а такође и своја сопствена искуства и

актуелности из свакодневног живота. Ови задаци обухватају значајан број појмова, физичких величина, коришћење одговарајућих података, конкретизовање законитости и учвршћују знања из физике.

Према многим истраживањима психолога која проверавају и потврђују теоријска разматрања о интелектуалном развоју деце, неопходно је да већина задатака који се вежбају на часовима математике, физике и хемије, буду средње тешки задаци. Разлози за овакав став су следећи- средње тешки задаци нису деци недоступни, њихово решавање их мотивише, омогућава успех, а један број таквих задатака подстиче и зону наредног развоја код деце.

**5. Колика је маса таксија ако при деловању сталне силе мотора (возач држи сталан притисак на папучицу за гас) од  $1,8 \text{ kN}$  добија убрзање од  $1,5 \text{ m/s}^2$ ?**

Анализа: И овај задатак може се решити на начин као предходни. Задатке где има претварања, добар део ученика би заобишао, а посебно слабији ученици.

Дати подаци:

$$F = 1,8 \text{ kN} = 1800 \text{ N}$$

$$a = 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$m = \frac{F}{a} = \frac{1800 \text{ N}}{1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 1200 \text{ kg}$$

**6. Аутомобил се креће брзином  $72 \text{ km/h}$ . Возач има масу  $70\text{kg}$  и везан је сигурносним појасом. Ако возило удари у непомичну препреку и заустави се за 1 секунд колика сила делује на путника?**

Анализа: Код ученика ови задаци представљају сложеније задатке јер у предходним задацима била је довољна једна формула да дођу до решења. А код овог задатка две формуле, и потребно је познавање предходног наставног градива да је убрзање је бројно једнако промени брзине тела у јединици времена.

$$F = m \cdot a$$

$$a = \frac{v}{t} = \frac{20 \frac{m}{s}}{1s} = 20 \frac{m}{s^2}$$

$$F = m \cdot a = 70kg \cdot 20 \frac{m}{s^2} = 1400N$$

7. Локомотива масе од 9t вуче један вагон масе 5t. Коликом силом локомотива обезбеђује овој композицији стално убрзање од  $0,2 \text{ m/s}^2$ ?

Анализа: Код ученика овакав задатак изазива осећај правог теста знања. Показује да ли је знање ученика на нивоу основног или постоји амбиција да се уради нешто више.

$$m_1 = 9t = 9000kg$$

$$m_2 = 5t = 5000kg$$

$$a_0 = 0,2 \frac{m}{s^2}$$

$$F = ?$$

$$F = m \cdot a$$

$$m = m_1 + m_2 = 14000kg$$

$$F = 14000kg \cdot 0,2 \frac{m}{s^2} = 2,8kN$$

8. На бицикл који мирује, притиском на педале Перица делује средњом силом од 200N у току 4 секунде. Колики пут пређе бицикл ако му је маса 10kg, а Перица има масу 40kg?

Анализа: Овај задатак се решава као предходни. Припада групи сложенијих задатака.

$$F = 200N$$

$$t = 4s$$

$$m_1 = 10kg$$

$$m_2 = 40kg$$

$$s = ?$$

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

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

$$m = m_1 + m_2 = 50kg$$

$$a = \frac{200N}{50kg} = 4 \frac{m}{s^2}$$

$$s = \frac{1}{2} \cdot 4 \frac{m}{s^2} \cdot (4s)^2 = 32m$$

9. На колица масе  $m=500g$  делује сила која их покрене. За  $2s$  она пређу  $2m$ . Израчунај силу која је покренула колица.

Дати подаци:

$$m = 500g = 0.5kg ,$$

$$V_0 = 0m/s ,$$

$$t = 2s ,$$

$$\underline{s = 2m} ,$$

$$F = ?$$

Анализа: Овај задатак решава као предходни .Припада групи сложенијих задатака.

Поступак решавања задатка:

Силу рачунамо помоћу формуле за други Њутнов закон

$$F = ma .$$

Пошто је убрзање непознато, израчунавамо га из израза за пређени пут код равномерног променљивог праволинијског кретања:

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

Заменом бројних вредности добијамо да је:

$$a = \frac{2 \cdot 2m}{(2s)^2}$$

$$a = 1m/s^2$$

$$F = ma$$

$$F = 0,5kg \cdot 1m/s^2$$

$$F = 0,5N$$

### Трећа група задатака

Трећа група задатака садржи задатке који ангажују, у највећој мери, више мисаоне процесе: решавање проблема и креативност. При решавању задатака из физике, значајно је повезивати графичке са квантитативним задацима и обрнуто, као и нацртати цртеж, где год је то потребно, могуће и оправдано, због визуелне представе физичке појаве дате у конкретном задатку.

10. На дрвену коцку запремине  $1dm^3$  делује сила од  $1,2N$ . Колико је убрзање коцке?

Дати подаци:

$$V = 1dm^3 = 0,001m^3$$

$$F = 1,2N$$

$$\rho = 800 \frac{kg}{m^3}$$

$$a = ?$$

Анализа: Овај задатак преставља ученицима тешкоћу при израчунавању, због претварања мерних јединица и познавања предгодног градива.

Да би се одредило убрзање тела, потребно је прво израчунати масу тела.

$$m = \rho \cdot V$$

$$m = 800 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,001 m^3$$

$$m = 0,8 kg$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{1,2 kg \cdot \frac{m}{s^2}}{0,8 kg}$$

$$a = 1,5 \frac{m}{s^2}$$

11. Аутомобил масе 1,5t је у току 8s из стања мiroвања постигао брзину 20m/s. Колика је вучна сила мотора аутомобила ако се он кретао равномерно убрзано ?

Анализа: Овај задатак може се решити на начин као и предходни. Корак по корак долази се до примене формуле другог Њутновог закона.

Из формуле:

$$V=a \cdot t$$

Следи да је :

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

Кад се то унесе у израз за силу , добијамо да је:

$$F = m \cdot \frac{v}{t} \quad F = 1500 kg \cdot \frac{\frac{m}{s}}{8s} = 3,75 N$$

12. На куглу масе 1,2kg која мирује, почиње да делује сила од 0,6 N за време од 5s. Коју брзину ће тада достићи кугла и колики ће пут прећи за ово време?

Анализа: Овај задатак може се решити на начин као и предходни. Корак по корак долази се до примене формуле другог Њутновог закона.

Решење:

$$m = 1,2 \text{ kg}$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{0,6 \text{ N}}{1,2 \text{ kg}} = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = 0,6 \text{ N}$$

$$v = a \cdot t = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot t$$

$$v = 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\underline{t = 5 \text{ s}}$$

$$s = \frac{a \cdot t^2}{2} = \frac{0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 25 \text{ s}^2}{2} = 6,25 \text{ m}$$

$$v = ? \quad s = ?$$

13. Мотоцикл за 6s прелази пут од 72m. Ако је маса мотоцикла 160kg израчунати његову брзину после тог времена, као и вучну силу, под условом да се он креће равномерно убрзанс без почетне брзине.

Анализа: Овакав начин решавања задатка изазива осећај правог теста знања, који показује да ли је знање ученика на нивоу основног или постоје амбиције да се посигне нешто више. Одговор на овај задатак показује да ли је усвојено предходно наставно градиво.

Решење:

$$t = 6 \text{ s}$$

$$s = \frac{at^2}{2}$$

$$a = \frac{2s}{t^2} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$s = 72 \text{ m}$$

$$m = 160 \text{ kg}$$

$$v = a \cdot t = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 6 \text{ s}$$

$$v = 24 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\underline{v_0 = 0}$$

$$F = m \cdot a = 160 \text{ kg} \cdot 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$v = ?$$

$$F = ?$$

$$F = 64 \text{ N}$$

**14. Камион масе 2t полази из мирувања и за 10s достиже брзину 15m/s. Ако је убрзање камиона стално, израчунати пут који ће се прећи за ово време и вучну силу мотора.**

Анализа: Решавање задатка изазива осећај правог теста знања, који показује да ли је усвојено предходно наставно градиво.

*Решење:*

$$m = 2t \quad a = \frac{v}{t} = \frac{15 \frac{m}{s^2}}{10s} = 1.5 \frac{m}{s^2} \quad F = m \cdot a = 2000kg \cdot 1.5 \frac{m}{s^2}$$

$$v = 0 \quad F = 3000N$$

$$t = 10s$$

$$v = 15 \frac{m}{s} \quad s = \frac{a \cdot t^2}{2} = \frac{1.5 \frac{m}{s^2} \cdot 100 s^2}{2} \quad s = 75m$$

$$F = ?$$

$$s = ?$$

**15. При судару дрвене и гвоздене кугле истих запремина, која кугла ће имати веће убрзање и колико пута? (Густина дрвета је  $\rho_1 = 800 \text{ kg/m}^3$ , а густина гвожђа  $\rho_2 = 7800 \text{ kg/m}^3$ ).**

Анализа: Овај задатак је сложенији, а захтева коришћење више формула са циљем обједињавања у једну, коришћењем предходних знања.

*Решење:*

$$F_1 = m_1 a_1 = \rho_1 V a_1 \quad F_1 = F_2$$

$$F_2 = m_2 a_2 = \rho_2 V a_2 \quad \rho_1 V a_1 = \rho_2 V a_2$$

$$\rho_1 a_1 = \rho_2 a_2$$

$$a_1 = \frac{\rho_2}{\rho_1} \cdot a_2 = \frac{7800 \frac{kg}{m^3}}{800 \frac{kg}{m^3}} \cdot a_2$$

$$\frac{a_1}{a_2} = 9,75$$

16. Када на тело масе  $4\text{kg}$  делује нека сила, то тело добије убрзање  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

Колико би убрзање иста сила дала телу масе  $10\text{kg}$ ?

Дати подаци:

$$m_1 = 4\text{kg}$$

$$m_2 = 10\text{kg}$$

$$a_1 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\underline{F_1 = F_2}$$

$$a_2 = ?$$

Анализа: Овај задатак ученици сматрају лакшим. Закључују да је убрзање тела мање ако му је већа маса, односно да је убрзање обрнуто сразмерно маси тела.

Када сила  $F$  делује на прво тело, тада важи

$$m_1 a_1 = F$$

Ако иста сила делује на друго тело важи

$$m_2 a_2 = F$$

Како су десне стране једнакости у формулама једнаке то су једнале и леве стране

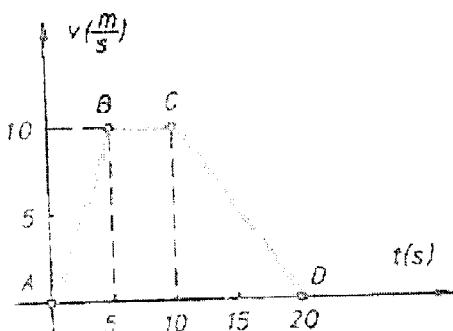
$$m_1 a_1 = m_2 a_2$$

$$a_2 = \frac{m_1 a_1}{m_2}$$

$$a_2 = \frac{4\text{kg} \cdot 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{10\text{kg}}$$

$$a_2 = 0,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

17. На слици дат је график промене брзине тела масе 2kg. Одредити интензитет сile која делује на свакој етапи кретања под претпоставком да не постоји сила трења.



Сл. 10

Анализа: Ученици ове задатке зову "задаци са графиком" баш као и у литератури. Нису популарни већем број ученика. Отежано је сналажење са графичким приказивањем физичких величина.

Првих 5 s кретање је убрзано, а убрзање тела износи :

$$a_1 = v_1/t_1$$

У интервалу од 5. до 10. секунде тело се креће равномерно, а како одсуствује сила трења, на њега не делује сила ( $F=0$ ). Од десете до двадесете секунде тело се креће равномерно успорено, а његово убрзање има интензитет

$$a_2 = v_1/t_3$$

Конечно, налазимо да сile које делују имају интензитетe:

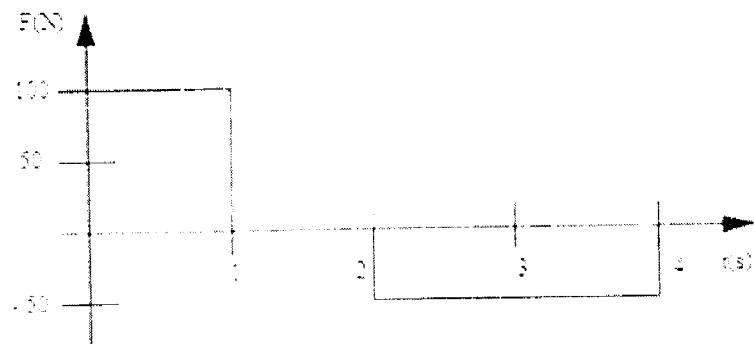
$$F_1 = m \cdot a_1 = m \cdot \frac{v_1}{t_1}$$

$$F_2 = m \cdot a_2 = m \cdot \frac{v_1}{t_3}$$

$$F_1 = 2\text{kg} \cdot \frac{\frac{10}{m}}{\frac{5}{s}} = 4\text{N}$$

$$F_2 = 2\text{kg} \cdot \frac{\frac{10}{m}}{\frac{10}{s}} = 2\text{N}$$

18. На тело масе  $m = 5\text{kg}$ , делује сила чији је дијаграм деловања приказан на слици. Тело је пре почетка деловања силе било у стању мirovanja. Нацртати дијаграм зависности брзине од времена. Трење занемарити.



Анализа: Ученици нерадо прихватају овакве задатке у писаним радовима. Имају примену при припремању ученика за такмичења. Због своје сложености време за решавање ових задатака је веће од времена расположивог за редовну наставу.

Решење:

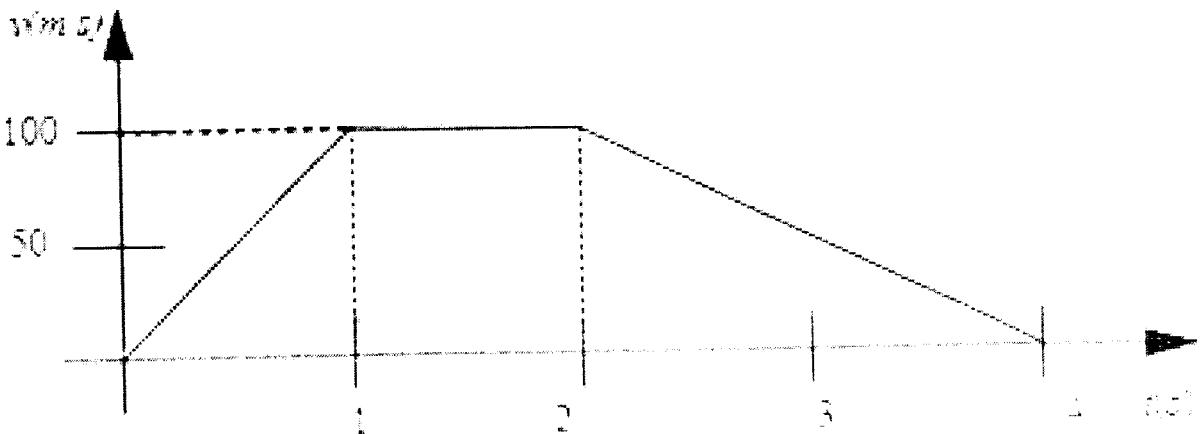
На крају прве секунде брзину тела налазимо из релације:

$$F = ma = m \frac{v}{t} \quad \text{тј. } v = \frac{Ft}{m} = \frac{20m}{s}.$$

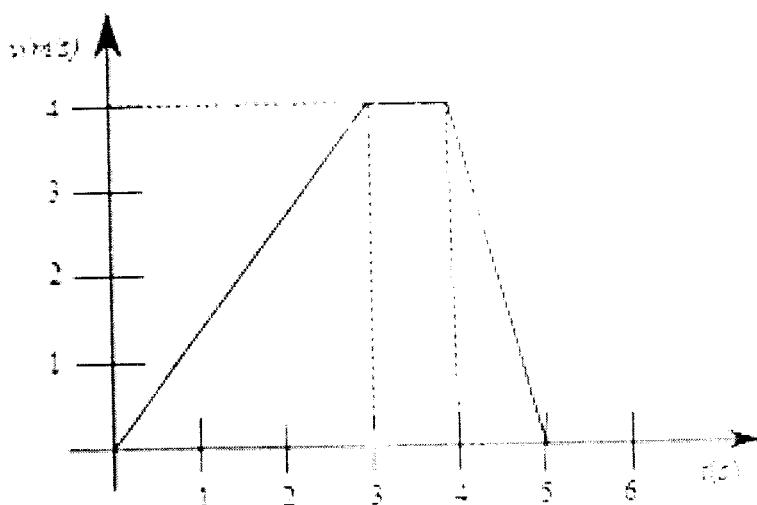
Током друге секунде сила не делује и кретање је равномерно. Од друге до четврте секунде кретање тела је успорено и дошло је до промене брзине  $\Delta v_3$  коју налазимо из релације:

$$F_3 = m \frac{\Delta v_3}{\Delta t_3} \quad \text{тј. } \Delta v_3 = \frac{F \Delta t_3}{m} = 20\text{m/s}$$

где је  $\Delta t_3 = 2\text{s}$ , што значи да је дошло до заустављања тела. Тражени дијаграм изгледа овако:



19. Тело масе  $m = 2\text{kg}$  под деловањем сile мења брзину кретања као што је приказано на слици. Графички приказати силу у току времена.



Анализа: Ученици нерадо прихватају овакве задатке. Због своје сложености време за решавање ових задатака је веће. Користе се у процесу вежбања са ученицима пред такмичења.

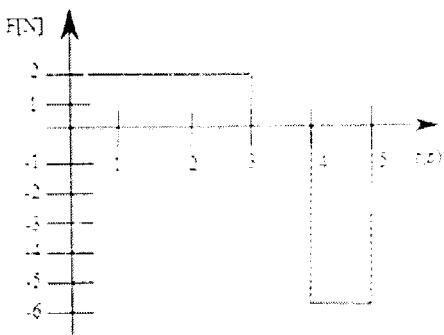
Решење:

Убрзање тела правих  $\Delta t_1 = 3\text{s}$  је на основу дијаграма  $\alpha = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} = 1\text{m/s}^2$ .

У току четврте секунде брзина је константна тако да сила није деловала

( $a_2 = 0$ ). У току пете секунде убрзање на основу дијаграма је  $\alpha = \frac{\Delta v_2}{\Delta t_2} = -3\text{m/s}^2$ .

Промена сile  $F = ma$  у току времена приказана је на слици. Знак минус код сile, tj.  $F = -6\text{N}$  означава да је сила у току пете секунде деловала у супротном смеру у односу на смер сile у току прве три секунде кретања.



#### Четврта група задатака

Ова група задатака припада групи такмичарских задатака, и намењена је ученицима чије могућности и интересовања превазилазе обавезан програм физике у основној школи, ученицима који су талентовани, воле физику и желе да учествују и освајају награде на такмичењима из физике.

**20. Тела маса  $1\text{kg}$  и  $2\text{kg}$ , везана лаким неистегљивим концем, леже на глаткој подлози. Коликим убрзањем ће се кретати тела ако на прво почне да делује сила  $0,6\text{N}$  (слика)? Колика ће бити сила затезања нити?**

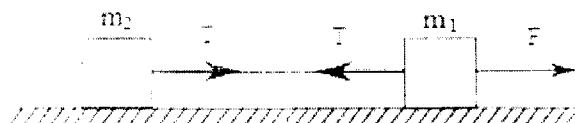


Анализа: Ово је тежи тип задатка, који припада групи такмичарских задатака. За систем од два тела ученици теже уочавају све сile које делују на тело. Постављањем једначина другог Њутновог закона за свако тело система, и њиховим сабирањем при одређивању убрзања система ученици греше при математичком сређивању једначина.

**Решење:** На слици су приказане силе које делују на тела – на прво делује вучна сила  $F$  и сила затезања  $T$ , а на друго само сила затезања  $T$ . Оба тела се крећу истим убрзањем па је  $m_1 a = F - T$  и  $m_2 a = T$ . Сабирање ових једначина се добија

$$(m_1 + m_2)a = F \text{ па је убрзање } a = \frac{F}{m_1 + m_2} = 0.2 \text{ m/s}^2. \text{ Сила затезања је}$$

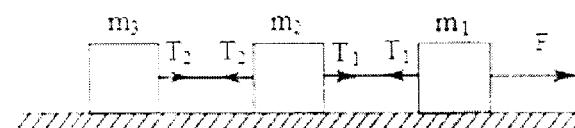
$$T = m_2 a = 0.4 N.$$



**21. Одредите убрзање тела и силе затезања лаких неистегљивих нити у систему приказаном на слици ако је  $m_1 = 1\text{kg}$ ,  $m_2 = 2\text{kg}$ ,  $m_3 = 3\text{kg}$ ,  $F = 12\text{N}$ . Трење је занемарљиво.**



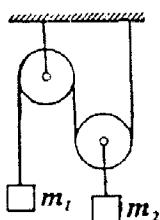
**Анализа:** Задатак је мало сложенији од предходног задатка, због увођења још једног тела у систем. Ово је тежи тип задатка, који припада групи такмичарских задатака. За систем од три тела ученици теже уочавају све силе које делују на тело. Постављањем једначина другог Њутновог закона за свако тело система, и њиховим сабирањем при одређивању убрзања система ученици греше при математичком сређивању једначина.



**Решење:** а) На тело делује сила затезања  $T$  (у смеру убрзања) и сила земљине теже  $mg$  (супротно од смера убрзања – види слику). Стога је  $ma = T - mg$  па је  $T = m(a + g) = 10.5 N$

$$6) T = 9,5N.$$

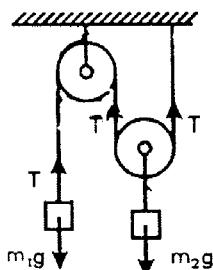
22. Одредити убрзање  $a_1$  и  $a_2$  тела масе  $m_1 = 4\text{kg}$  и  $m_2 = 2\text{kg}$ , као и силу затезања нити у систему приказаном на слици. Маса оба котура, масу нити и трења занемарити.



Анализа: Задаци овог типа су тешки и припадају групи такмичарских задатака. Њиховим решавањем ученици развијају креативне и интелектуалне способности и правилно расуђивање. Ученици треба да правилно сагледају кретање система и уоче све силе које делују у систему.

Решење: Једначине кретања према слици, за свако тело на основу другог Њутновог закона су:

$$m_1g - T = m_1a_1, \quad m_2g - 2T = -m_2a_2$$



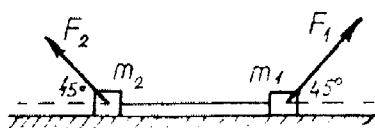
Померај тела  $m_2$  је два пута мањи од помера тела  $m_1$ , одакле следи да је

$a_1 = 2a_2$ . На основу претходних једначина добијамо:

$$a_2 = \frac{2m_1 - m_2}{4m_1 + m_2} g = 3,33 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}, \quad a_1 = 2a_2 = 6,66 \frac{\text{m}}{\text{s}^2},$$

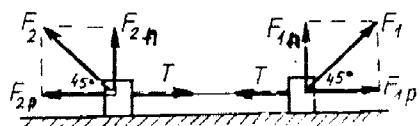
$$T = \frac{3m_1m_2}{4m_1 + m_2} g = 13,33\text{N}.$$

23. Тела приказана на слици крећу се по глаткој подлози. Наћи убрзање тела и силу затезања нити ако је  $F_1 > F_2$  (Силе и масе сматрати познатим).



Анализа: Задатак је из групе такмичарских, и за његово решавање неопходно је правилно разлагање сила на правце, у правцу кретања и нормално на правац кретања система. Углавном се користе карактеристични углови под којим делују силе на елементе система од 30, 45 и 60 степени.

Решење: Приказане су на слици силе од којих зависи убрзање тела. При кретању тела по подлози, силе  $F_1$  и  $F_2$  треба разложити на нормалне и паралелне компоненте, гледано на правац кретања.



Интензитети сила су:

$$F_{1p} = F_{1n} = \frac{F_1 \sqrt{2}}{2} \quad \text{и} \quad F_{2p} = F_{2n} = \frac{F_2 \sqrt{2}}{2}.$$

Како је  $F_1 > F_2$ , следи да је и  $F_{1p} > F_{2p}$ , па се тело креће на десну страну.

Једначине кретања тела 1 и тела 2 су:

$$(1) \quad m_1 a = F_{1p} - T \quad \text{и} \quad (2) \quad m_2 a = T - F_{2p}, \quad \text{чијим сабирањем добија се}$$

$$a(m_1 + m_2) = F_{1p} - F_{2p}$$

$$a = \frac{F_{1p} - F_{2p}}{m_1 + m_2}$$

$$a = \frac{(F_1 - F_2) \cdot \sqrt{2}}{2(m_1 + m_2)}$$

Из једначине (1) сила у нити  $T$  је

$$T = F_{1p} - m_1 a = \frac{(m_2 F_1 + m_1 F_2) \cdot \sqrt{2}}{2(m_1 + m_2)}$$

**24.** Девојчица масе 40kg стоји на залеђеној површини језера. Санке масе 8,4kg су 15m удаљене од девојчице. Девојчица почиње да привлачи санке, делујући на њих силом интензитета 5,2N. Колико времена ће протећи до сусрета девојчице и санки?

Анализа: Задатак је из групе такмичарских задатака. Ученици при изради оваквих задатака не снalaže најбоље и уместо два убрзања узимају само једно. Овај задатак представља комбинацију другог и трећег Њутновог закона.

**Решење:** При узајамном деловању дата сила истовремено делује на санке и девојчицу, при томе се креће убрзано.

$$a_1 = \frac{F}{m_{sanki}} = 0,62 \frac{m}{s^2}$$

$$a_2 = \frac{F}{m_{devojice}} = 0,13 \frac{m}{s^2}$$

$$s_{devojice} + s_{sanki} = 15m \rightarrow \frac{1}{2} a_d \cdot t^2 = 15m \rightarrow t = 6,32s$$

**25.** Веслајући у својим чамцима, две групе пецираша сусреле су се на средини Обедске баре. После кратког разговора, пецирош из чамца чија је укупна маса, заједно са пецирашима износи 150kg, почeo је да други чамац гура силом интензитета 50N, у намери да развоји чамце. Ако је маса другог чамца заједно са пецирашима који се налазе у њему 250 kg одреди убрзање чамца приликом раздавања.

Анализа: Задатак је из групе такмичарских задатака. Овај задатак представља комбинацију другог и трећег Њутновог закона. У задатку се мора водити рачуна о постојању два убрзања.

**Решење:** Убрзања чамаца добијају се применом другог и трећег Њутновог закона.

$$a_1 = \frac{F_r}{m_1} = \frac{F_a}{m_1} = 0,33 \frac{m}{s^2}$$

$$a_2 = \frac{F_a}{m_2} = 0,2 \frac{m}{s^2}$$

## 5. СЛАГАЊЕ СИЛА И ДРУГИ ЊУТНОВ ЗАКОН

Ако на тело делује више сила, убрзање тела сразмерно је њиховој резултантни. У том случају Основни закон кретања формулише се на следећи начин:

*Производ масе и убрзања тела једнак је резултујућој сили која делује на тело.*

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

Вектори убрзања и резултујуће силе имају исти правац и исти смер.

### 5.1. КАКО ТРЕБА РЕШАВАТИ ПРОСЕЛЕМ КРЕТАЊА ТЕЛА НА КОЈЕ ДЕЛУЈЕ ВИШЕ СИЛА?

1. Пошто смо прочитали задатак, разумели о којој физичкој појави се ради, записали дате и тражене податке, приступамо решавању задатка.

2. Прво треба нацртати одговарајућу слику (скицу). На њој треба да буду приказане све силе које утичу на кретање тела. За сада, то су оне силе које делују у правцу кретања тела. Уколико је познат смер убрзања, на цртежу треба приказати и њега.

3. Затим треба поставити једначину која одговара Основном закону динамике:

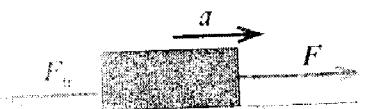
$$m \cdot \vec{a} = \vec{F}_{rez}$$

Потом треба изразити резултанту преко појединачних сила. Радићемо само примере у којима на тело делују силе истог правца, па ће  $F_{rez}$  бити збир или разлика појединачних сила.

Показаћемо на примеру како треба цртати скицу и поставити полазну једначину.

26. Трактор вуче приколицу силом 4kN по равном хоризонталном друму. Одреди убрзање приколице ако се зна да је њена маса 800 kg и да на њу при кретању делује сила трења 2 kN.

У овом примеру посматрамо кретање приколице на коју делује више сила. У вертикалном правцу наниже делује сила теже и навише сила реакције подлоге. Како се приколица креће по хоризонталној подлози, вертикалне силе немају утицаја на то кретање па их нећемо ни приказивати на цртежу. За кретање су битне силе које делују у хоризонталном правцу и њих „цртамо“ (слика). Хоризонтална сила је вучна сила трактора која и доводи до кретања приколице – ту силу смо обележили са  $F$ . У хоризонталном правцу делује и сила трења; знамо да се она супротставља кретању тела и зато усмерену дуж  $F_{tr}$  цртамо у супротном смеру од смера сile  $F$ .



На слици смо приказали и правац и смер убрзања приколице – приколица се може кретати само у смеру деловања вучне сile.

Сада пишемо Други Њутнов закон за кретање приколице:

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

Следећи корак је изражавање резултујуће силе преко вучне сile и сile трења. Будући да силе  $F$  и  $F_{tr}$  делују у супротним смеровима,  $F_{rez}$  је њихова разлика. Дакле:

$$m \cdot a = F - F_{tr}$$

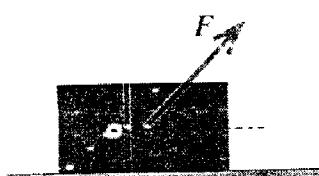
## 6. РАЗЛАГАЊЕ СИЛА И ДРУГИ ЊУТНОВ ЗАКОН

Како примењујемо Основни закон кретања када на кретање тела не утиче „цела“ сила? Тада разлажемо силу на компоненту која има правац кретања тела и компоненту која је нормална на правац кретања тела, па важи:

*Производ масе и убрзања тела једнак је суми свих сила које делују у правцу кретања тела.*

Када кажемо суму сила подразумевамо да бројне вредности оних сила које имају смер убрзања узимамо са предзнаком плус, а оних чији је смер супротан са предзнаком минус.

**27. Сандук масе  $80\text{kg}$  креће се по глатком хоризонталном поду силом  $F = 14,1\text{N}$  чији правац заклапа  $45^\circ$  са подом (слика). Колико је убрзање сандука?**



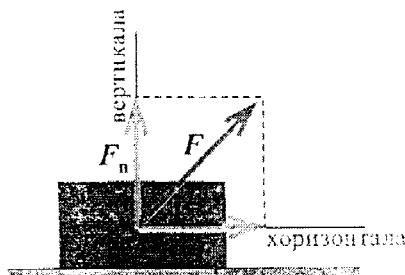
**Решење:**

Дати подаци:  $m = 80\text{kg}$ ,  $F = 14,1\text{N}$ .

Тражи се: убрзање (a).

Сандук се креће под дејством силе  $F$ . Међутим, не делује „цела“ сила  $F$  у правцу кретања тела. Зато ту силу треба разложити на компоненте: једну у правцу кретања тела (тј. хоризонталном у овом случају) и другу у правцу нормалном на правац кретања (вертикалном у датом примеру). Разлагање је приказано на слици: компоненту у правцу кретања хоризонтала обележили смо са  $F_p$ , нормалну компоненту са  $F_n$ , а њихове бројне вредности износе:

$$F_p = F_n = F \frac{\sqrt{2}}{2}, \quad F_p = F_n = 10N$$



Када смо разложили силу, њу више не узимамо у обзир. То значи: надаље узимамо да на тело делују сile  $F_p$  и  $F_n$  и не постоји сила  $F$ . Само сила  $F_p$  утиче на кретање сандука, док сила  $F_n$  нема утицаја. Дакле:

$$ma = F_p; \quad a = \frac{F_p}{m}; \quad a = 0,125 \frac{m}{s^2}$$

**28.** Плоча масе  $4\text{kg}$  притиснута је уз глатки вертикални зид силом  $F = 60\text{N}$  која делује под углом  $30^\circ$  (слика). Да ли се плоча креће уз зид навише или наниже? Да ли је то равномерно или убрзано кретање? Ако је убрзано, колико је убрзање?



**Решење:**

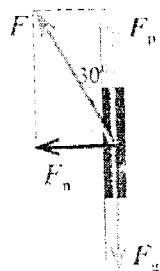
Дати подаци:  $m = 4\text{kg}$ ,  $F = 60\text{N}$ .

Тражи се: убрзање (a).

Када на плочу делује оваква сила  $F$ , плоча може да се креће само дуж зида, тј. у вертикалном правцу. Зато силу  $F$  разлажемо на вертикалну и хоризонталну компоненту (слика). Сада је вертикална компонента у правцу кретања и зато смо њу

обележили са  $F_p$ , а хоризонталну компоненту са  $F_n$ . Бројне вредности компоненти износе:

$$F_p = F \frac{\sqrt{3}}{2} \quad F_n = \frac{1}{2} F = 30 N$$



У вертикалном правцу делује и сила теже:  $F_g = mg = 40N$ .

Сила  $F_p$  делује навише, а сила  $F_g$  наниже. Како је  $F_p > F_g$ , закључујемо да се плоча креће навише и то убрзано. Убрзање добијамо помоћу Основног закона динамике:

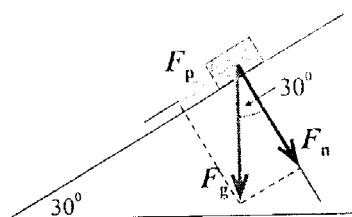
$$ma = F_p - F_g, \quad \text{па је} \quad a = \frac{F_p - F_g}{m}, \quad a = 3 \frac{m}{s^2}.$$

**29** Плочица се пусти да клизи без почетне брзине низ глатку косу даску нагнуту под углом  $30^\circ$  према хоризонту. Колику брзину ће достићи после  $1,5s$ ?

**Решење:**

Дати подаци:  $a = 30^\circ$ ;  $t = 1,5s$ .

Тражи се: брзина ( $v$ ).



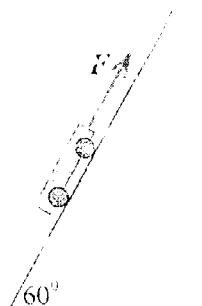
Плочица клизи низ косу раван под дејством сile теже. Сила теже, међутим, делује у вертикалном правцу, тј. у правцу који заклапа  $30^\circ$  са правцем кретања тела. Зато силу теже треба разложити на компоненту паралелну косој равни и компоненту нормалну на ту раван. Само компонента  $F_p$  утиче на кретање тела по подлози:

$$ma = F_p \quad \text{Tj.} \quad ma = \frac{1}{2} Fg \quad \text{Tj.} \quad ma = \frac{1}{2} mg$$

Следи:

$$a = \frac{1}{2} g = 5 \frac{m}{s^2} \quad \text{па је} \quad v = at = 7.5 \frac{m}{s}$$

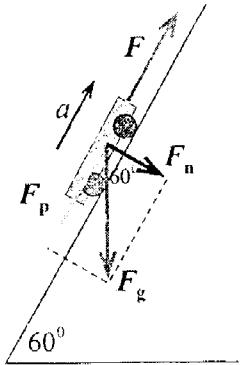
**30. Коликом силом  $F$  треба вући колица масе 200g уз косу раван нагиба  $60^\circ$  да би се она кретала с убрзањем  $a = 0.5 \frac{m}{s^2}$ . Трење је занемарљиво.**



**Решење:**

Дати подаци:  $m = 0,2\text{kg}$ ;  $a = 60^\circ$ ;  $a = 0.5 \frac{m}{s^2}$ .

Тражи се: сила  $F$ .



Осим сile  $F$ , на кретање колица утиче и сила теже. Будући да она делује укоко у односу на правац кретања колица, треба је разложити на паралелну компоненту  $F_p$  и нормалну компоненту  $F_n$  (слика). Даље, у правцу кретања колица делују две сile: сила  $F$  којом се вуку колица и компонента сile теже  $F_p$ . Сила  $F$  делује у смеру убрзања колица, а сила  $F_p$  у супротном смеру, па према Другом Њутновом закону важи:

$$ma = F - F_p; \quad ma = F - F_g \frac{\sqrt{3}}{2}; \quad ma = F - mg \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

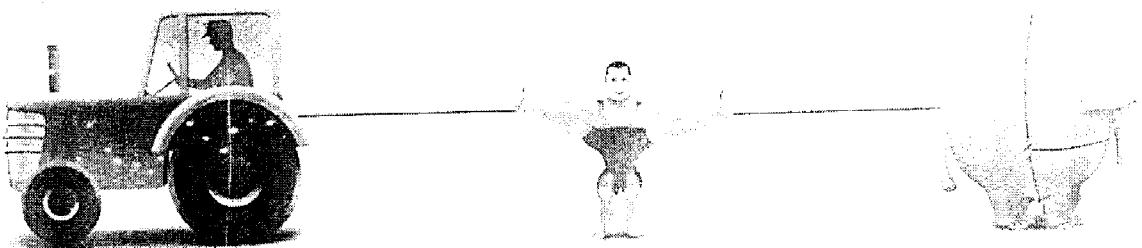
Следи:

$$F = ma + mg \frac{\sqrt{3}}{2} = m \left( a + g \frac{\sqrt{3}}{2} \right); \quad F = 1,83N$$

## 7. ТРЕЋИ ЊУТНОВ ЗАКОН

### Пример 1. Акција и реакција

Нађи бар пет парова сила акције и рекције на следећој слици



### Одговор

Неки парови сила акције и реакције су:

1. слон делује на пут надоле – пут делује на слона нагоре;
2. десни крај ужета делује на слона и вуче га на лево – слон делује на уже на десно;
3. у же везано за слона делује на снагатора и вуче његову руку надесно – снагатор вуче тај део ужета на лево;
4. друга рука вуче друго уже надесно – уже вуче снагатора на лево;
5. трактор вуче уже налево – уже вуче трактор на десно;
6. трактор делује на пут на доле – пут делује на трактор на горе;
7. тракториста делује на трактор на доле – трактор делује силом на трактористу на горе.

**Пример 2.** Приликом судара, зелена кугла делује на плаву силом 20N. Коликом силом делује плава кугла на зелену?

### Подаци

Сила  $F_{12}=20N$

Тражи се: сила  $F_{21}$  којом плава кугла делује на зелену.

Према закону акције и реакције сила којом једно тело делује на друго једнака је сили којом друго тело делује на прво (само су смерови тих сила супротни). Даље:

$$F_{21}=F_{12}$$

$$F_{21}=20\text{N}$$

**Пример 3.** Аца и Бора су на ролерима. У једном тренутку, одгурну се рукама. Аца, чија је маса  $50\text{kg}$ , у том тренутку добије убрзање  $2\text{m/s}^2$ . Колико убрзање добија Бора ако има масу  $40\text{ kg}$ ?

$$m_A = 50\text{kg}$$

$$a_A = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$m_B = 40\text{kg}$$

$$a_B = ?$$

$$F_1 = F_2$$

$$F = m \cdot a$$

$$m_B \cdot a_B = m_A \cdot a_A$$

$$a_B = \frac{m_A \cdot a_A}{m_B}$$

$$a_B = \frac{50\text{kg} \cdot 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{40\text{kg}}$$

$$a_B = 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

**Пример 4.** Две куглице, масе  $40\text{ g}$  и  $60\text{g}$ , кретале су се једна према другој, судариле се и при судару зауставиле. Ако је брзина прве куглице пре судара била  $3\text{m/s}$ , колика је била брзина друге?

**Подаци:**

$$m_1=40\text{g}$$

$$m_2=60\text{g},$$

$$V_1=3\text{m/s}$$

Тражи се: брзина друге куглице пре судара ( $V_2$ ).

Силе којима једна куглица делује на другу у овом случају доведе до заустављања сваке од куглица. За ту њихову интеракцију и промене брзина важе Други и Трећи Њутнов закон и задатак можемо решити применом тих закона.

Ако је  $v_1$  брзина прве куглице пре судара, а након судара брзина те куглице је једнака нули, онда је убрзање прве куглице:

$$a_1 = \frac{\Delta v_1}{t} \quad a_1 = \frac{(v_1 - 0)}{t} \quad a_1 = \frac{v_1}{t}$$

Сила која делује на ту куглицу одређена је формулом:

$$F_{21} = m_1 \cdot a_1 \quad \text{Tj. } F_{21} = \frac{m_1 \cdot v_1}{t}$$

Слично томе, убрзање друге куглице и сила која на њу делује одређени су формулама:

$$a_2 = \frac{v_2}{t} \quad \text{и} \quad F_{12} = \frac{m_2 \cdot v_2}{t}$$

Силе не можемо да израчунамо јер није познато време трајања судара. Међутим, и не мора да буде познато, јер тај податак ће се током даљег поступка "изгубити".

Наиме, из:  $F_{21}=F_{12}$ , следи:

$$\frac{m_1 \cdot v_1}{t} = \frac{m_2 \cdot v_2}{t} \quad \text{а одакле је } m_1 v_1 = m_2 v_2.$$

У последњој формули позната су 3 података па је лако одредити и четврти:

$$v_2 = \frac{m_1 \cdot v_1}{m_2} \quad v_2 = \frac{40g \cdot 3}{60g} \frac{m}{s}$$

$$v_2 = 2 \text{ m/s}$$

## 8. Закључак

У раду је дат кратак осврт на начин решавања рачунских задатака, дат је кратак теоријски увод који се односи на Њутноове законе. Приказан је један број задатака са решењима, а уз њих су дати коментари наставника. У презентацији задатака је инсистирано на доследно спровођењу правила решавања задатака уз извођење одговарајућих мерних јединица.

Решавање рачунских задатака из физике код многих ученика повећава интересовање за физику, развија логичко мишљење, подстиче на иницијативу и упорност у савлађивању тешкоћа, јача се воља за самосталан рад, повезивање стечених знања са свакодневним животом. Треба нагласити да је решавање рачунских задатака само једна карика у ланцу наставе физике. Да би био постигнут потпун успех у изучавању физике и стицању знања, потребно је решавање рачунских задатака употпуниoti са решавањем квалитативних задатака, решавање графичких задатака и решавање експерименталних задатака. На тај начин се у потпуности постиже циљ наставе физике.

Решавање рачунских задатака из физике, а посебно, учење методологије њиховог решавања, треба да буде, између осталих, један од приоритетних задатака сваког наставника у школи. Наравно да је то озбиљан, сложен, занимљив и дуготрајан процес за чију је реализацију је неопходно имати мотива, који нашим наставницима, да не улазимо у разлоге, одавно мањкају, идеја да се текстови задатака прилагоде свакодевним и актуелним догађањима, а и бескрајно много љубави и стрпљења у све то уложити да би дошли до крајњег исхода – деца лако разумеју, научила су да решавају задатке и њима се радују.

Улога наставника у наставу физике у којој се посебна пажња посвећује задацима је многострука, јер деца решавајући задатке развијају логичко мишљење, ниже нивое мишљења (разумевање), више мисаоне процесе (формирање појмова, решавање проблема), своје креативне способности, продубљују и трајније усвајају знања физике, као науке, и примењују их у пракси, развијају способности за самосталан рад, презентацију резултата, ..., а све у циљу да знања из физике буду трајнија и на много вишем нивоу квалитета него у постојећој школској пракси.

Значај задатака у настави физике је огроман. Они су незаменљив део наставног процеса. Да би се оценило колико је успешно извођење наставе физике важно је знати колико се усвојена знања могу применити. Примена знања је највиша фаза у процесу стицања сазнања и показатељ степена усвојености, осмишљености и трајности стеченог знања. Да би се у физици стекло применљиво знање потребно је познавање физичких објеката, појава и њихових закона, али су потребне и посебне припреме и увежбавања што се постиже решавањем задатака.

## 9. Литература

- [1] Божин, С., Даниловић, Е., Урошевић, Жегарац, С., *Физика*, Војноиздавачки завод, Београд, 1972.
- [2] Аничин, И., Васиљевић, И., *Експериментална физика за III математичке школе разред природно-математичке школе*, Научна књига, Београд, Завод за издавање уџбеника, Нови Сад, 1990.
- [3] [http://sr.wikipedia.org/wiki/Isak\\_Njutn/](http://sr.wikipedia.org/wiki/Isak_Njutn/).
- [4] Чалуковић, Н., *Физика 1 за први разред Математичке гимназије*, Круг, Београд, 2002.
- [5] <http://old.sf.bg.ac.yu/katotn/Fizika/>
- [6] мр Светомир Димитријевић, др Душанка Обадовић, др И Манчев, др Дарко Капор, др Федор Скубан, др Јован Малешевић, др Срђан Ракић, *Збирка рачунских експерименталних задатака из физике за додатни рад ученика основне школе*, Библиотека Матице српске, Нови Сад
- [7] Др Иван Манчев Др Мирослав Николић Др Надежда Новаковић, *Збирка такмичирских задатака из физике, 1995-2004 7 разред Ниш, 2005*
- [8] Бранко Радивојевић, Милан Распоповић, Јездимир Томић, *Збирка задатака из физике са лаборатским вежбама*, Београд, 2004.
- [9] Гордана Настић и Владимира Обрадовић, *Збирка задатака за редовну и додатну наставу у седмом разреду основне школе*, Театар за, 2011.
- [10] Мирјана Комар *Ја у свету физике*, Школска књига, Нови Сад, 2007.
- [11] Др Томислав Петровић, *Дидактика физике*, Физички факултет Универзитета у Београду, Београд, 1994.
- [12] Др Мирослав Кука, *Методичка природних наука*, Ауторско издање, Београд, 2003.

## **10. Биографија**

Јеротијевић-Марковић Ангелина, рођена 11.06.1962. године у Ивањици Основну и Средњу школу завршила у Ужицу. Вишу педагошку смера физика-хемија у Београду. На Природно-математичком факултету у Новом Саду 2007. године дипломирала сам на Департману за физику, смер професор физике. Мастер студије уписујем 2010. године на Природно-математичком факултету у Новом Саду, физика наставни модул. Средња оцена на мастер студијама износи 9,40. Ради у Основној школи Стари град у Ужицу.

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ

ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број:

РБР

Идентификациони број:

ИБР

Тип документације:

Монографска документација

ТД

Текстуални штампани материјал

Тип записа:

ТЗ

Завршни рад

Врста рада:

ВР

Ангелина Јеротијевић-Марковић

АУ

др Мара Стојановић, доцент

МН

Решавање рачунских задатака из

физике на примерима из Њутнових

закона

Језик публикације:

српски (Ћирилица)

ЈП

Језик извода:

српски/енглески

ЈИ

Земља публиковања:

Република Србија

ЗП

Уже географско подручје:

Војводина

УГП

Година:

2012

ГО

Издавач:

Ауторски репрінт

ИЗ

Место и адреса:

Природно-математички факултет,

МА

Трг Доситеја Обрадовића 4, Нови Сад

Физички опис рада:

10/73/122/0/25/7/0

ФО

Научна област:

Физика

НО

Научна дисциплина:

Методика наставе физике

НД

Предметна одредница/кључне речи:

Рачунски задаци, Њутнови закони

ПО

УДК

Чува се:

Библиотека департмана за физику,

ЧУ

ПМФ-а у Новом Саду

Важна напомена:

Нема

ВН

Извод:

У овом раду је дата класификација ИЗ задатака и један оглши методички пут

како би требало решавати рачунске задатке из физике, што је и илустровано примерима решавања задатака применом Њутнових закона. Већина задатака датих у раду су намењени ученицима основне школе, а мањи број обрађених примера се ради приликом обраде одговарајуће наставне теме у средњој школи.

Датум прихватања теме од НН

већа:

10.02.2012.

ДП

Датум одбране:

14.02.2012.

ДО

Чланови комисије:

КО

Председник:

др Радомир Кобиларов, редовни проф. ПМФ-а

члан:

др Срђан Ракић, ванредни проф. ПМФ-а

члан:

др Маја Стојановић, доцент ПМФ-а

UNIVERSITY OF NOVI SAD

FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS

KEY WORDS DOCUMENTATION

*Accession number:*

ANO

*Identification number:*

INO

*Document type:*

Monograph publication

DT

Textual printed material

*Type of record:*

TR

Final paper

*Content code:*

CC

Angelina Jerotijević-Marković

*Author:*

AU

Ph.D. Maja Stojanović

*Mentor/comentor:*

MN

Solving computational problems in

*Title:*

Physics with examples based on

TI

Newton's laws

*Language of text:*

Serbian (Cyrillic)

LT

English

*Language of abstract:*

LA

Republic of Serbia

*Country of publication:*

CP

Vojvodina

*Locality of publication:*

LP

2012

*Publication year:*

PY

Author's reprint

*Publisher:*

PU

Faculty of Science and Mathematics,

*Publication place:*

*Physical description:*

10/73/122/0/25/7/0

**PD***Scientific field:*

Physics

**SF***Scientific discipline:*

Methodology of physics teaching

**SD***Subject/ Key words:*

Computational problems, Newton's laws

**SKW****UC***Holding data:*

Library of Department of Physics, Trg

**HD**

Dositeja Obradovića 4

**Note:**

None

**N***Abstract:*

In this paper, the classification of

**AB**

computational problems and a general

methodical way of solving these problems in physics is given. All this was illustrated by solving problems using Newton's laws. Most of the computational problems given in this paper are designed for students of primary school. Small number of computational problems are appropriate for high school students when appropriate theme is teaching

*Accepted by the Scientific Board:*

10.02.2012.

**ASB***Defended on:*

14.02.2012.

**DE***Thesis defend board:***DB***President:*

Ph.D. Radomir Kobilarov, full prof.

*Member:*

Ph.D. Srđan Rakić, associate prof.

*Member:*

Ph. D. Maja Stojanović, assistant prof.

