

МИЛАН О. РАСПОПОВИЋ

# ФИЗИКА 7

СА ЗБИРКОМ ЗАДАТАКА, ЛАБОРАТОРИЈСКИМ  
ВЕЖБАМА И ТЕСТОВИМА

ЗА СЕДМИ РАЗРЕД ОСНОВНЕ ШКОЛЕ



Завод за уџбенике, Београд

*Рецензенти*

Проф. др Драгомир Крпић, Физички факултет, Београд  
Јовица Милисављевић, професор физике, Математичка гимназија, Београд  
Ненад Головић, професор физике, ОШ „Милош Црњански“, Београд

*Уредник*

Татјана Бобић

*Одговорни уредник*

Слободанка Ружичић

*Главни уредник*

Др Милорад Марјановић

*За издавача*

Др Милорад Марјановић, в. г. директор

Министар просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије решењем број 650-02-0016/2020-07 од 19.05.2020. године, одобрио је овај уџбеник за издавање и употребу.

© ЗАВОД ЗА УЏБЕНИКЕ, Београд

Ово дело се не сме умножавати, фотокопирати и на било који начин репродуктовати, у целини нити у деловима, без писменог одобрења издавача.

## УМЕСТО ТРИ – ЈЕДНА КЊИГА

Обично се ученицима као обавезна уџбеничка литература препоручују основни уџбеник физике, збирка задатака са лабораторијским вежбама и радна свеска са тестовима. Књига пред вами обједињује теоријска предавања са демонстрационим огледима, квалитативне задатке (задаци – питања) и квантитативне (рачунске) задатке, лабораторијске вежбе и тестове за проверу и (само)оценјивање учениковог знања. Уместо више књига, dakле, само једна књига у којој су обрађени сви основни елементи наставе физике. Сматрамо, да ће то олакшати рад наставнику и ученицима и допринети растерећењу и рационализацији наставе као и отклањању неких недоумица код ученика и неких наставника, посебно када је реч о међусобном односу теорије и огледа и лабораторијских вежби.

Уџбеник је написан у складу са актуелним наставним програмом. Тематске целине обрађене су по реду:

**Сила и кретање**

**Кретање тела под дејством Земљине гравитационе силе (Земљине теже)**

**Равнотежа тела**

**Механички рад и енергија. Снага**

**Топлотне појаве.**

На почетку сваке тематске целине поновљени су елементи градива из шестог разреда значајни за стицање новог знања. На основу одабраних примера из свакодневног живота и демонстрационих огледа, поступно су уведени нови појмови и величине. На бази резултата огледа долази се до њихових дефиниција и међусобне повезаности ( зависности ). Физички закони проверавају се помоћу експеримената у којима се мере вредности величине. Свака тематска целина завршава се лабораторијском вежбом (вежбама) којом се верификује претходно усвојено теоријско знање.

Теоријски садржаји се повезују и конкретизују кроз решавање квалитативних задатака (задаци – питања) и квантитативних (рачунских) задатака.

На крају сваке тематске целине налази се тест за проверу и (само)оценјивање учениковог знања. Тест знања односи се на претходно проучавану тематску целину.

Настојали смо да уџбеник буде пријатељски отворен према ученику. У њему се инсистира пре свега, да ученик научи да учи, да његово знање буде активно, да га може користити у стицању нових знања и применити у решавању практичних проблема.

## ТЕСТОВИ ЗА САМООЦЕЊИВАЊЕ УЧЕНИКА

Основне предности ових тестова су: поуздана и објективна оцена квантитета и квалитета знања. Они треба да помогну да стекнете јасну представу о свом знању уз изграђивање једног критичног односа према том знању. Зарађена оцена ће задовољити своју информациону и мотивациону улогу, и подстаки вас више на размишљање него на памћење.

Тестови у уџбенику садрже задатке – питања различитих облика:

а) Задатке – питања са више понуђених одговора. Само један одговор је тачан. Заокружујете онај који сматрате тачним. У случају да не знате да решите задатак, заокружујете слово н (не знам).

б) У задацима – питањима понекад недостају неке речи које треба да унесете на предвиђена места.

в) Постоје задаци којима се упоређују вредности физичких величина изражене у различитим мерним јединицама. У празан кружић уписују се знакови: веће (>), мање (<) и једнако (=).

г) У тестовима има и задатака – питања у којима се тражи прелазак од табеларних података на графички приказ зависности једне од друге величине (најчешће од времена).

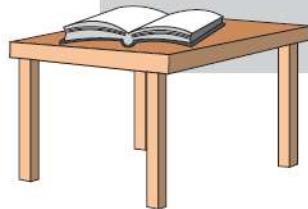
Код сваког задатка – питања у „кућици“ је уписан број поена.

Максималан број поена у сваком тесту знања је 100.

На основу укупног броја зарађених поена, користећи приложену табелу, добијете оцену теста самооценавања.

Број поена	Оцена
0 – 20	1
21 – 40	2
41 – 60	3
61 – 80	4
81–100	5

За већину задатака – питања постоје решења или одговори, али због посебног задовољства, подстицања мисаоне активности и стицања самопоуздања, најпре сами покушајте да дођете до решења (одговора), како би процена вашег знања, као и оцена, били што објективнији.

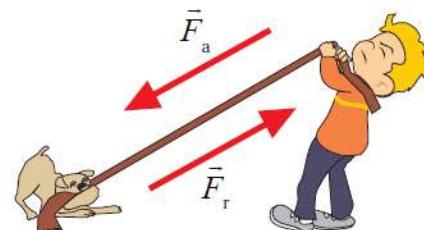
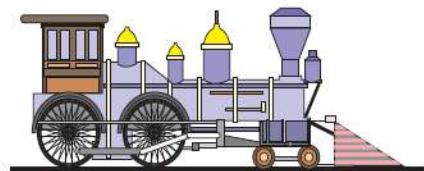


## ШТА ЂЕМО ИЗУЧАВАТИ У 7. РАЗРЕДУ?

Основне појмове (тело, материјлна тачка, путања, референтно тело) и величине (пут и брзина) којима се описују **равномерно праволинијско кретање** (стална брзина) упознали смо у претходном разреду. То предзнање чини основу за даље изучавање механичког кретања.

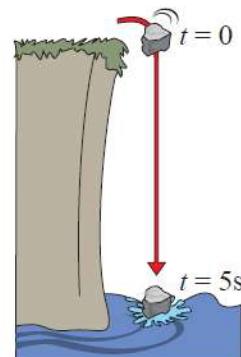
У првом поглављу **Сила и кретање** наставља се изучавање механичког кретања. Проширује се знање о **сили**, пре свега, као узроку промене брзине тела, односно његовог стања кретања. Детаљно се разматра равномерно променљиво праволинијско кретање (равномерна промена брзине, односно стално убрзање у току времена).

У истом поглављу изучавају се **Њутнови закони механике** (други и трећи закон). Полазишта у обради овог дела поглавља су: **инертност тела**, **Први Њутнов закон (Закон инерције)** и **маса тела** (изучавани у шестом разреду).



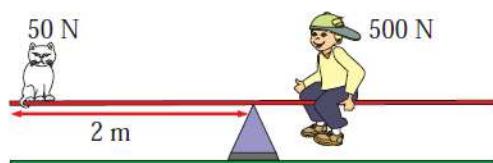
Трећи Њутнов закон

У тематској целини **Кретање тела под дејством Земљине гравитационе сile (Земљине теже)** описују се кретања која се веома често сусрећу: **слободно падање тела**, **хитац навише** и **хитац наниже**. Анализира се **бестежинско стање** (стање у коме нпр. космонаут „лебди“ у простору космичког брода). На крају поглавља разматрају се **сила трења** и **сила отпора средине** и утицај тих сила на кретање тела (проширује се наше знање из шестог разреда).



Слободни пад тела

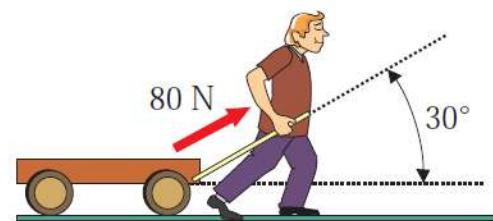
Услови (статичке) равнотеже тела под дејством две силе обрађени су у поглављу **Равнотежа тела**.



Равнотежа тела

Следи обрада тематске целине **Рад, енергија и снага**.

У свакодневном животу реч **рад** често се користи, и то у различитом смислу. Говори се о физичком, и интелектуалном раду, раду машина, животиња...



Сила мишћа при рад

У физици **рад** је величина која има конкретно, строго дефинисано значење. Његова дефиниција се везује за појам силе. Човек делујући силом мишића руку помера колица или неко друго тело и при томе врши рад.

Појам **енергија** има, такође, широко значење, али ћемо се ограничити само на проучавање **механичке енергије: кинетичке и потенцијалне енергије** (условљене деловањем Земљине гравитационе силе).

Физичка величина која карактерише брзину вршења рада (извршени рад у једици времена) је **снага**.

Посебна тема у саставу овог поглавља је и **Закон одражавања енергије** (разни облици енергије могу се међусобно трансформисати као нпр. електрична енергија у топлотну, али тако да укупна вредност енергије остаје непромењена, стална).

Улога топлотних појава у свакодневном животу је позната. Оне имају пресудан утицај на постојање и развој живог света уопште. О појмовима и величинама којима се описују те појаве и законима којима се оне покоравају биће речи у поглављу **Топлотне појаве**.



Илустрација рада



Топлотне појаве

## НАСТАВЉАМО ДА УПОЗНАЈЕМО ФИЗИКУ

После летњег распуста поново се враћате у школу. У току лета имали сте друге области интересовања и облике занимања. У већини случајева физика (као и остали наставни предмети) била је запостављена. Много тога је заборављено. Стога је потребно обновити прошлогодишње градиво, посебно његове делове који су нарочито значајни за даље изучавање физике.

Дајемо изводе из садржаја физике претходног разреда који су полазишка у проучавањима новог градива.

## Шта посебно издавамо у физици за 6. разред?

▪ За описивање и тумачење основних својстава супстанце (тела), физичког поља и природних (физичких) појава користе се **физичке величине**. Вредност физичких величина се одређује **мерењем**. Под мерењем величине подразумева се упоређивање њене вредности са одговарајућим стандардом (еталоном), то јест са мерном јединицом дате величине.

▪ Појединачно одступање измерене вредности величине од средње вредности је **апсолутна грешка мерења**.

Релативна грешка мерења одређена је односом апсолутне грешке и средње вредности дате величине. Средња вредност величине добија се тако што се саберу све појединачне измерене вредности и та збирна вредност се подели са бројем мерења. Множењем релативне грешке са 100, добија се релативна грешка у процентима ( $\delta = \frac{\Delta x}{x_{\text{средње}}} \cdot 100\%$ ).

НАЗИВ ВЕЛИЧИНЕ	УОБИЧАЈЕНА ОЗНАКА	ЈЕДИНИЦА	ОЗНАКА ЈЕДИНИЦЕ
ВРЕМЕ	$t$	СЕУНДА	s
ДУЖИНА	$l, s, r$	МЕТАР	m
МАСА	$m$	КИЛОГРАМ	kg
ТЕМПЕРАТУРА	$T$	КЕЛВИН	K
ЕЛЕКТРИЧНА СТРУЈА	$I$	АМПЕР	A
ЈАЧИНА СВЕТЛОСТИ	$J$	КАНДЕЛА	cd
КОЛИЧИНА СУПСТАНЦИЈЕ	$n_m$	МОЛ	mol

Физичке величине деле се на **основне и изведене (сложене) величине**. Помоћу основних величина и њихових јединица изражавају се све остале физичке величине и њихове мерне јединице.

У табели дате су основне величине и јединице Међународног система (SI).

- Промена положаја тела у односу на друго тело назива се **механичко кретање**.
- Тело у односу на које се посматра (прати) кретање другог тела је **референтно (упоредно) тело**.

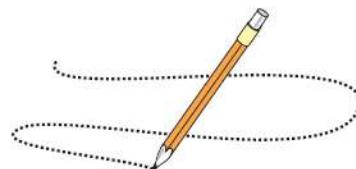
▪ Линија по којој се тело креће, односно скуп узастопних положаја кроз које тело прође у току кретања зове се **путања тела** (траг оловке на хартији, креде на табли, саоница у снегу, човекових стопала по песку итд.).

Ако је путања много дужа од димензија тела, онда се тело може поистоветити са **материјалном тачком** (краће, тачком).

Део путање коју тело (материјална тачка) пређе за одређено време је **пут**.

По облику путање, кретања тела могу бити **праволинијска и криволинијска**.

Кретање при којем тело (материјална тачка) у једнаким временским интервалима прелази једнаке путеве, назива се **равномерно кретање**. Ако је при томе путања права линија, реч је о **равномерно праволинијском кретању**.



Путања добијена првлачењем оловке



Између тачака A и B је пређени пут

Једна од основних карактеристика механичког кретања је **брзина тела**.

Код равномерно праволинијског кретања вредност брзине тела  $v$  одређује се односом пређеног пута  $s$  и времена  $t$  за које се тело креће:

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

Из израза за брзину тела код равномерно праволинијског кретања добијају се формуле за пут које тело пређе и за време у току којег се оно креће:

$$s = vt, \text{ односно } t = \frac{s}{v}.$$

Пређени пут одређен је производом брзине и времена, а време кретања тела се дефинише односом пређеног пута и брзине.

**Брзина тела има релативни карактер; њена вредност зависи од референтног тела у односу на које се одређује њена вредност.**

Податак да се неко тело, нпр. аутомобил, креће брзином 80 km/h, говори само о вредности ове физичке величине. Недостају правац и смер кретања аутомобила. Том брзином аутомобил је могао да се креће по разним путевима (правцима) и да има разне смерове кретања. Подаци да се аутомобил кретао брзином 80 km/h аутопутем Београд – Ниш (одређени правац) у смеру од Београда према Нишу (одређен смер) дају потпуну представу (информацију) о датој брзини аутомобила.

**Брзина тела је потпуно одређена познавањем њене вредности (интензитета), праваца и смера.**

■ За описивање узајамног деловања тела користи се физичка величина **сила**.

**Сила је мера узајамног деловања (интеракције) тела.**

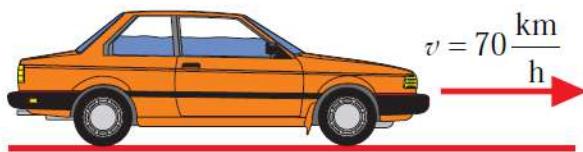
Деловање силе испољава се у два основна облика: изазива деформацију тела (промену облика и запремине тј. димензија као нпр. што је истезање или сабирање металне опруге) или узрокује промену стања кретања тела, односно промену његове брзине.

Јединица силе је **њутн (N)**.

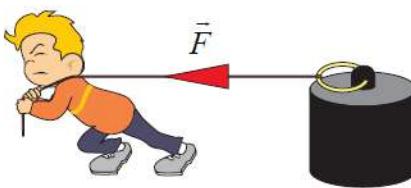
Назив је дат у част енглеског физичара **Исака Њутна**.

**Сила је потпуно одређена ако се познају њена вредност (интензитет, јачина), правац, смер и нападна тачка.**

Сила се графички приказује у облику усмерене дужи. Мера те дужи одређује вредност (интензитет, јачину) силе, правац дужи дефинише правац силе, а стрелица означава њен смер деловања. Поред тога, сила има нападну тачку у којој је „концентрисано“ деловање силе.



Равномерно праволинијско кретање



Илустрација силе



Графички приказ силе

На почетку изучавања Другог и Трећег Њутновог закона класичне механике треба се подсетити на делове градива који су обрађени у шестом разреду: **инертност тела, маса тела и Први Њутнов закон (Закон инерције)**.

**Инертност тела.** Свакодневно искуство показује да се са мање напора покрећу празна него оптерећена колица, кликер него оловна кугла, празан орман од ормана са књигама итд. Обратно, при истим брзинама, лакше је зауставити празна него оптерећена колица, кликер него оловну куглу...

Показује се и то, да се брзина тела не може тренутно променити. Тело не може тренутно постићи произвољно велику вредност брзине нити се у току кретања у моменту зауставити. Без обзира на вучну силу мотора, аутомобил не може тренутно да достигне максималну вредност брзине, нити да се тренутно заустави, независно од сile притиска на папучу кочнице.

**Свако тело се опире промени стања мировања или равномерно праволинијског кретања.**

За тела која теже мењају стање кретања или мировања, односно која се више одупиру промени брзине, кажемо да су **тромија (инертнија)**.

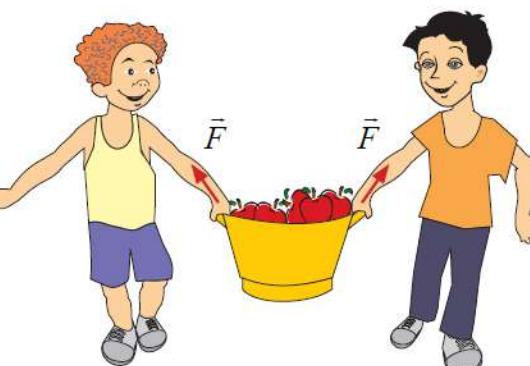
**Својство тела да се одупире промени стања мировања или равномерно праволинијског кретања, односно промени брзине назива се инертност.** Величина која карактерише инертност је **маса тела**.

**Маса је мера инертности тела када је оно у стању мировања или се равномерно праволинијски креће** (инертно испољавање масе).

Друго основно испољавање масе тела је гравитационог карактера. Корпа напуњена јабукама при ношењу више затеже руке од празне корпе. Закључује се, да је маса корпе са јабукама већа од масе празне корпе. Када би истоветне корпе биле напуњене једнаким бројем идентичних јабука, онда би оне затезале наше руке силом истог интензитета, што значи, да су и њихове масе једнаке.



Оптерећена колица се теже покрећу  
од празних колица



Гравитациони карактер испољавања масе

Уопштавајући два наведена основна испољавања масе тела, може да се каже: **маса је величина која карактерише инертна и гравитациона својства тела**.

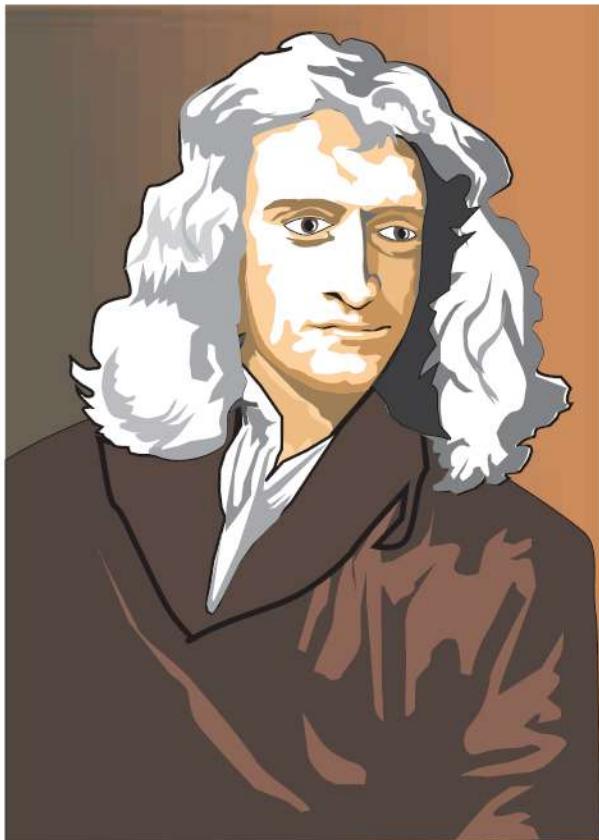
**Први Њутнов закон.** Њутн је формулисао **Закон инерције**, касније назван **Први Њутнов закон**:

**Свако тело остаје у стању мировања или равномерно праволинијског кретања све док га неко друго тело не примора да промени то стање.** Или:

Тело се налази у стању мировања или равномерно праволинијског кретања (стална брзина) све док на њега не делују друга тела (или се деловања тих тела међусобно поништавају).

Први Њутнов закон може се изразити и у математичком облику:

$$F = 0, v = 0 \text{ или } v = \text{const.}$$



Исак Њутн

Њутн посветио је сву своју научну каријеру механици и физици. У 1669. године, у Кембриџу, постао је професор математике и физике у Кембриџском колеџу. Њутн је у тој години написао своме *Механичким принципима природне филозофије*, који је постао један од најважнијих радова у историји науке.

Од 1672. године, Њутн је постао професор математике у Кембриџу, а у 1687. године је објавио своме *Математички принципи природне филозофије*. Ово је било један од најважнијих радова у историји науке, који је описао законе који регулишу покрете материјалних тела.

У тој монументалној радицији, Њутн је дефинисао три основна закона класичне механике: Закон инерције, Закон о деловању сила и Закон силе акције и реакције.

У част великог Њутна уведена је јединица за силу **њутн** (N).

Током овогодишњег изучавања физике, име Исака Њутна (Newton Sir Isaac, 1642–1727) ћемо много чућа. За то би требало да знаје јонешто из биографије овог славног физичара.

Исаак Њутн је рођен 1642. године у Вилсторпу, у Енглеској.

Убрзо после рођења је осидао без оца и васпитање малог Јакова је преузела бака.

Средњу школу је похађао у Грантаму, где су га упитали о изразитом склоностима за конструисање врло сложених механичких инсталација, модела и слично. Веома је лепо цртао. Радна соба му је била јуна слика и цртежа.

Када је завршио средњу школу, на инсистирање учитеља, упућен је на студије у Кембриџ. Њутн је ступао у Тринити колеџ 1661. године и у њему је осидао 35 година!

Њутн постаје професор математике

и физике у славном Кембриџу 1669. године. Живео је у соби која је личила на манастирску хелију, до краја претворену у професорску и истраживачку раду.

Њутн постаје професор математике

и физике у славном Кембриџу 1669. године. Живео је у соби која је личила на манастирску хелију, до краја претворену у професорску и истраживачку раду.

## СИЛА И КРЕТАЊЕ

### СИЛА КАО УЗРОК ПРОМЕНЕ БРЗИНЕ. УБРЗАЊЕ

Област механике у којој се изучавају механичка кретања не улазећи у њихове узроке настајања и постојања, назива се **кинематика**.

У кинематици се описују механичка кретања, али се не добијају одговори на питања као што су: када се тело (материјална тачка) налази у стању мировања, зашто се нека тела крећу равномерно и праволинијски (стална брзина), а друга (равномерно) променљиво праволинијски или по кривој путањи, услед чега се мењају брзина, облик и запремина (димензије) тела...

Област механике у којој се описују и објашњавају узроци механичког кретања и деформације тела назива се **динамика**.

У кинематици кретања тела се само описују, а у динамици се још и објашњавају узроци њиховог настајања и постајања и дају се одговори на претходно постављена питања.

Динамика се заснива на три основна закона које је установио енглески физичар Исак Њутн. Ови закони су касније названи **Њутнови закони класичне механике**.

Први Њутнов закон (Закон инерције) изучавали смо у претходном разреду. Остaje нам да упознамо Други Њутнов закон (Закон силе) и Трећи Њутнов закон (Закон акције и реакције).

### СИЛА КАО УЗРОК ПРОМЕНЕ БРЗИНЕ ТЕЛА

Пажљивом анализом Првог Њутновог закона долази се до два важна закључка. Први закључак: стање мировања тела и стање равномерно праволинијског кретања су еквивалентна, јер се оба стања тела постижу ако је испуњен исти услов: искључења или узајамно поништена деловања других тела. Други закључак: промена стања кретања, укључујући и стање мировања као специјалан (конкретан) случај стања кретања, односно промене брзине тела, узрокована је деловањем других тела (силе).

На почетку утакмице фудбалска лопта се поставља на центар игралишта. На том месту остаје у стању мировања све до „сусрета“ са фудбалером. У току игре услед контакта са играчима, лопта непрестано мења брзину (по интензитету, правцу и смеру). Шта узрокује промену брзине лопте, односно њено убрзање? Промену брзине (убрзање) лопте условљава деловање другог тела (фудбалера), одређеније деловање силе мишића играча.

Књига са стола или кликер са пода померају се (менјају брзину) деловањем сила мишића руке. Аутомобил се покреће силом вуче мотора. Да би се брзина аутомобила променила, повећава се или смањује сила вуче мотора (додавањем или одузимањем гаса).

Композију воза често вуку две локомотиве. Зашто? Са две локомотиве интензитет силе вуче се удвостручува, а тиме и одговарајуће промене брзине воза у истим временским интервалима. Брже се постиже потребна брзина воза, што је посебно значајно код оптерећених композиција или при њиховом кретању уз стрме пределе.

На основу квалитативне анализе наведених примера закључујемо: **промена брзине тела (стања кретања) увек је изазвана деловањем другог (других) тела. Деловање тог другог тела карактерише величина, назvana сила.**

**Сила је узрок промене стања кретања, промене брзине, односно појаве убрзања тела.**

## УБРЗАЊЕ

У току кретања тела често мењају брзину. У поласку аутомобил повећава, а при заустављању смањује брзину. Приликом изласка из станице воз увећава брзину, да би се касније на већем делу пута кретао приближно сталном брзином; при уласку у нову станицу смањује брзину до заустављања.

Када се каже да тела мењају брзину, шта то значи? Знамо да је брзина физичка величина одређена са три елемента: бројна вредност (интензитет), правца и смер. Промена било којег од тих елемената доводи до промене брзине. Међутим, наше разматрање ограничава се на равномерно убрзано и равномерно успорено праволинијско кретање. Код тих кретања правца (права линија) и смер брзине тела (смер кретања) не мењају се у току времена. Стога се промена брзине тела код тих кретања своди само на промену њене бројне вредности (интензитета).

**Величина која одређује промену брзине тела (материјалне тачке) у току променљивог кретања назива се убрзање.**

**Интензитет, правац и смер убрзања.** Потпуна дефиниција убрзања тела подразумева познавање три елемента: интензитета (вредности\*), правца и смера. Упознали смо како се одређује интензитет, правац и смер брзине тела које се креће равномерно праволинијски (стална брзина). Предстоји упознавање брзине и убрзања код равномерно променљивог праволинијског кретања (стално убрзање).

Код **равномерно променљивог праволинијског кретања** интензитет (вредност) убрзања одређује се тако што се промена вредности брзине подели интервалом времена у току којег је та промена настала:

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{\Delta v}{\Delta t},$$

где је  $v$  – вредност (интензитет) брзине у тренутку  $t$ , а  $v_0$  у тренутку  $t_0$ ,  $\Delta v$  – промена брзине и  $\Delta t$  интервал времена.

**Интензитет убрзања једнак је промени вредности брзине у јединици времена.**

\* Вредност физичке величине садржи бројчану вредност и одговарајућу мерну јединицу; вредност и интензитет су синоними који се могу равноправно користити.

Када се равномерно променљиво праволинијско кретање тела прати од почетка ( $t_0 = 0$ ), онда се за интензитет његовог убрзања добија формула:

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

а за интензитет тренутне брзине (о којој ћемо детаљније говорити)

$$v = v_0 + at,$$

где је  $v_0$  – интензитет почетне брзине (у тренутку  $t_0 = 0$ ). Ако тело полази из стања мirovanja без почетне брзине ( $t_0 = 0$  и  $v_0 = 0$ ), претходна формула за интензитет убрзања, своди се на израз:

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

односно,  $v = a t$

Из претходне формуле изводи се јединица убрзања:

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

Јединица убрзања је метар у секунди за секунду или метар у секунди на квадрат.

## ВЕЗА ИЗМЕЂУ СИЛЕ, МАСЕ ТЕЛА И УБРЗАЊА

Установили смо да је маса основна величина која карактерише инертна и гравитационе својства тела, да је сила узрок деформације (промене облика и димензија) тела или узрок промене брзине, односно појаве убрзања тела (наравно, може једног и другог). Предстоји нам да упознамо квантитативну повезаност сile, масе тела и његовог убрзања.

Веза између интензитета сile, масе тела чије кретање изазива та сила и одговарајућег убрзања може се установити на основу огледа на слици 1.1.



Сл. 1.1. Оглед на основу којег се ћовезују сила, маса тела и његово убрзање

Колица се налазе на глаткој хоризонталној плочи или шинама. За њих се преко прецизног динамометра везује конац пребачен преко жлеба лаког котура. О други крај конца привезан је тас са теговима.

Ослобађањем држача А, колица се услед деловања сile сталног интензитета  $F$  (сила затезања нити која је последица тежине тега) крећу равномерно убрзано (равномерне промене брзине, односно стално убрзање) све до граничника В, који их зауставља (трење се занемарује). Интензитет сile у току кретања колица очитава се на динамометру. Пређени пут колица је растојање од његовог почетног положаја до граничника В.

Ако се хронометром (штоперицом) измери време за које колица пређу пут  $s$ , може се одредити убрзање колица ( $s = \frac{1}{2} at^2$ ,  $a = \frac{2s}{t^2}$ ; израз за пут  $s$  изводи се нешто касније).

Колица се затим враћају у почетни положај и заустављају се држачем А; у тас се додају тегови. После сваког повећања тегова ослободи се држач А и у току кретања мери се сила која делује на колица (њена вредност се чита на динамометру). Када интензитет силе буде два пута већи ( $2 F$ ), добија се да је и убрзање колица такође два пута веће од претходног (када је деловање силе интензитета  $F$ ). Таквим поступком интензитет силе може се повећати три, четири пута, итд. При томе ће се и интензитет убрзања колица повећати исто толоко пута (табела).

$F$	$2 F$	$3 F$	$4 F$
$a$	$2 a$	$3 a$	$4 a$

**Интензитет убрзања тела сразмеран је интензитету силе која делује на то тело ( $a \sim F$ ).**

Искуство показује да убрзање тела зависи и од његове масе.

За проучавање зависности убрзања тела од његове масе, при деловању сталне силе, може се користити исти оглед као на слици 1.1. Тада се на колица стављају тегови тако да се њихова маса повећава два пута, три пута, итд., док се интензитет силе (тежина тега на тасу) која узрокује кретање колица не мења. При таквој промени масе налази се да се убрзање колица смањује два пута, три пута, итд. у односу на убрзање колица без тегова (првобитна вредност убрзања), што је показано у табели.

**При деловању сталне силе убрзање тела је обрнуто сразмерно његовој маси ( $a \sim \frac{1}{m}$ ).**

$m$	$2 m$	$3 m$	$4 m$
$a$	$\frac{a}{2}$	$\frac{a}{3}$	$\frac{a}{4}$

Значи, тела под дејством силе једнаког интензитета добијају убрзања која су обрнуто сразмерна њиховим масама. Тело веће масе има мање убрзање него тело мање масе, при деловању сile истог интензитета.

Аналогни огледи могу да се изведу и са куглицама. Прво се посматра узајамно деловање две идентичне куглице, а затим узајамно деловање две куглице израђене од истог материјала, с тим да је једна од њих два, три... пута веће масе. Закључак ће бити исти као у огледу са колицима.

Обједињавањем резултата добијених на основу описаних огледа, изводи се општи закључак:

**Интензитет убрзања тела сразмеран је интензитету силе, а обрнуто сразмеран маси тела:**

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

Ово је једна од формулатија основног закона механичког кретања тела, познат као **Други Њутнов закон механике**.

## ДРУГИ ЊУТНОВ ЗАКОН

Други Њутнов закон повезује три важне физичке величине: силу, масу и убрзање. Полазећи од претходно добијеног израза на основу резултата огледа  $a = \frac{F}{m}$ , добија се Други Њутнов закон у облику:

$$ma = F.$$

**Производ масе тела и интензитета убрзања једнак је интензитету силе која делује на то тело.**

На основу Другог Њутновог закона дефинисана је јединица за силу **њутн [N]**.

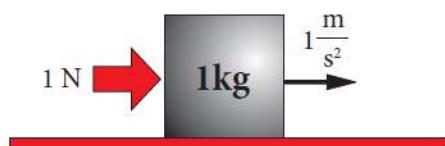
**Један њутн је сила која тело масе од једног килограма убрзава један метар у секунди за секунду (секунда на квадрат), сл. 1.2.:**

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

Помоћу Другог Њутновог закона:  $F = ma$ , познавањем вредности две величине увек се може израчунати и вредност треће величине. Али, када је реч о сили и убрзању тела не можемо се ограничiti само на њихове вредности (интензитетe). Морaju се узети у обзир и њихови правци и смерови.

Правац и смер убрзања увек се поклапају са правцем и смером силе која изазива кретање тела.

Када сила делује у смеру кретања (брзине) тела, оно се креће убрзано (сл. 1.3), а ако делује у супротном смеру од смера кретања тела (брзине), кретање је успорено (сл. 1.4).



Сл. 1.2. Илустрација љутна [N]



Сл. 1.3. Убрзано ћраволинијско кретање тела



Сл. 1.4. Успорено ћраволинијско кретање тела

Под дејством промељиве сile, тело изводи сложено механичко кретање, које је овом приликом изван нашег разматрања. Ограничићемо се на кретање тела која су узрокована деловањем сталне сile (чији се интензитет, правац и смер не мењају у току кретања тела). Под дејством сталне сile, тело се креће **равномерно променљиво ћраволинијски** (брзина тела се равномерно мења у току времена; дакле, убрзање константно). Зависно од смера сталне сile **равномерно променљиво ћраволинијско кретање тела** може бити: **равномерно убрзано** (сила делује у смеру кретања тела, односно у смеру његове брзине) и **равномерно успорено** (сила делује супротно смеру кретања тела, односно супротно смеру брзине).

## МЕРЕЊЕ СИЛЕ

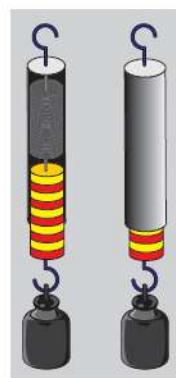
Деловање силе испољава се у два основна облика: деформише тело, као што је рецимо, метална еластична опруга и узрокује промену брзине тела, односно појаву његовог убрзања. Оба та испољавања силе могу се, у принципу, користити за њено мерење.

На основу сразмерности интензитета силе и промене дужине металне опруге, израђен је **динамометар**, инструмент за мерење силе. Принцип рада динамометра упознали смо у претходном разреду. На слици 1.5 је динамометар којим се мери вредност тежине тега.

Помоћу динамометра могу се мерити разне врсте сила: тежина тела, електрична сила, магнетна сила, сила трења итд.

Мерење силе помоћу динамометра врши се у стању равнотеже, тј. у стању када су интензитети сила еластичности опруге и спољашње силе нпр. тежине тегова, изједначени (силе са супротним смеровима). Стога се мерење силе динамометром назива **статичко мерење (статички метод)**.

Помоћу Другог Њутновог закона ( $F = ma$ ) може се такође одредити вредност силе. Маса тела се мери теразијама, а убрзање тела може се израчунати из формуле за пут ( $s = \frac{1}{2} at^2$ , одакле је  $a = \frac{2s}{t^2}$ ). Мерењем пређеног пута и времена добија се вредност убрзања тела. (Формулу за пут упознаћемо у наредној теми.) Овај начин одређивања вредности силе је **динамички метод**. Такав начин мерења убрзања тела није најпогоднији, па се у пракси углавном примењује мерење силе помоћу динамометра (статички метод мерења силе).

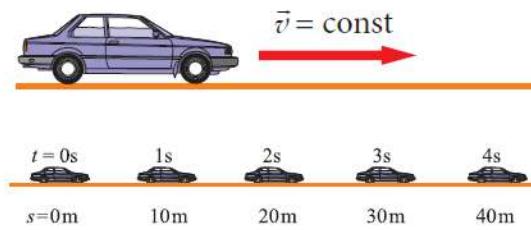


Сл. 1.5. Мерење сile динамометром

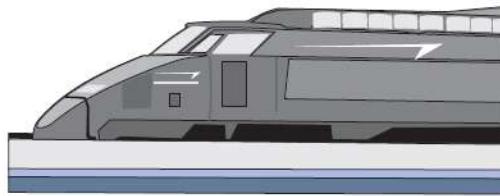
## РАВНОМЕРНО ПРОМЕНЉИВО ПРАВОЛИНИЈСКО КРЕТАЊЕ

У претходном разреду смо упознали **равномерно праволинијско кретање**, кретање при коме се тело креће по правој линији сталном (константном) брзином. Под сталном брзином подразумева се брзина чија се бројна вредност (интензитет) правац и смер не мењају у току кретања тела (сл. 1.6.).

Поред равномерног, постоји и **неравномерно (променљиво) кретање**. При том кретању тело у једнаким интервалима времена прелази различите путеве (има различите вредности брзине). На пример, воз



Сл. 1.6. Равномерно праволинијско кретање



(аутобус) у току кретања мења брзину. Пре почетка кретања, док стоји на станици брзина воза једнака је нули. Када крене из станице брзина воза се повећава, а затим се током извесног времена не мења знатно. Када се воз приближава наредној станици, његова брзина се смањује све до заустављања.

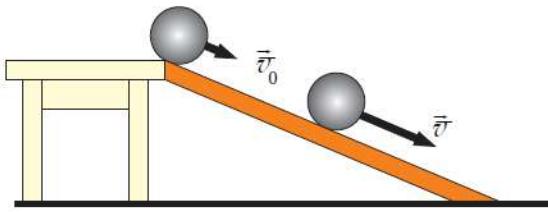
**Кретање тела чија се брзина мења у току времена назива се променљиво (неравномерно) кретање.**

Ако је код променљивог кретања путања права линија, онда је то **променљиво праволинијско кретање**.

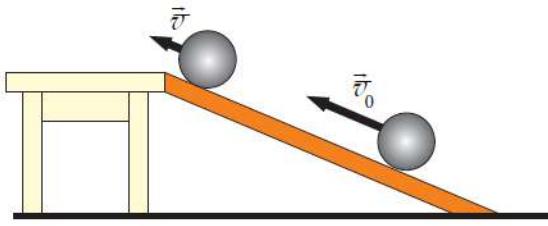
Најједноставнији облик променљивог кретања је **равномерно променљиво праволинијско кретање**. То је кретање тела по правој линији брзином чија се вредност (интензитет) **равномерно мења у току времена**.

Може бити **равномерно убрзано** (ако се брзина равномерно увећава у току кретања) и **равномерно успорено** (брзина се равномерно смањује). Користи се, потпуно равноправно и израз **једнако убрзано (успорено) кретање**.

Кретање куглице (кликара) низ жлеб косо постављене даске (сл. 1.7), пример је равномерно убрзаног праволинијског кретања, а обрнуто кретање куглице уз жлеб косо постављене даске илуструје равномерно успорено праволинијско кретање (сл. 1.8).



Сл. 1.7. Равномерно убрзано праволинијско кретање



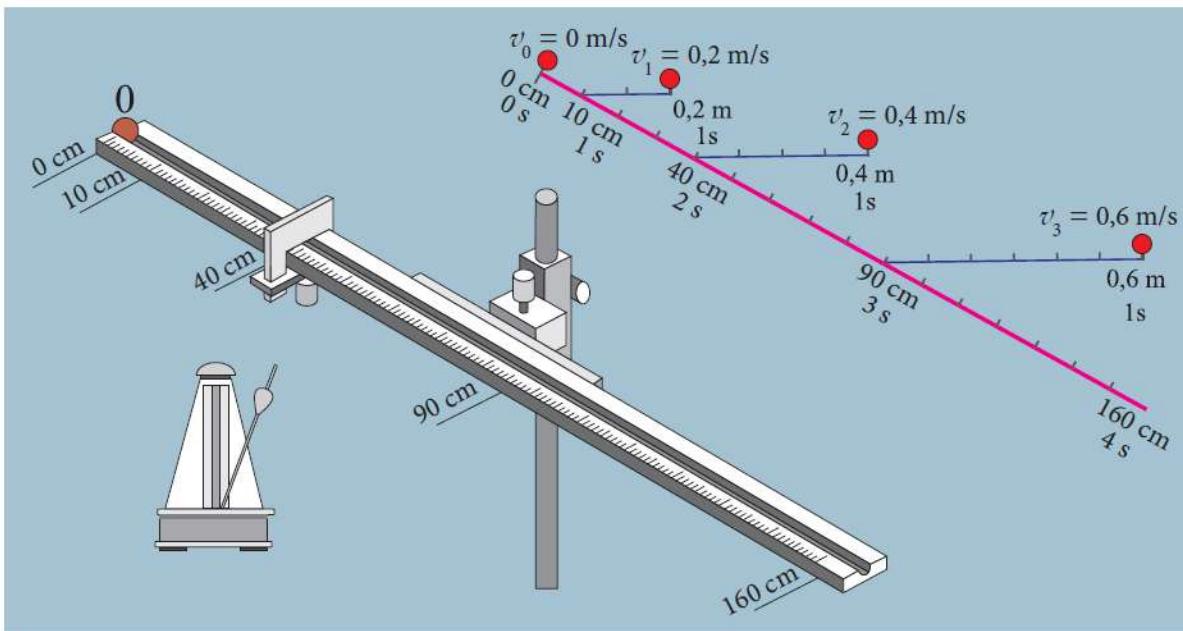
Сл. 1.8. Равномерно успорено праволинијско кретање

## РАВНОМЕРНО УБРЗАНО ПРАВОЛИНИЈСКО КРЕТАЊЕ



Кретање тела по правој линији брзином која се увећава за исте вредности у једнаким интервалима времена (стално убрзаше), назива се **равномерно убрзано праволинијско кретање**.

Равномерно убрзано праволинијско кретање може се демонстрирати и проучавати помоћу прибора, приказаног на слици 1.9. У саставу тог прибора су: метроном, сталак, углачана даска са жлебом по средини, поред кога је прилепљена трака са милиметарском поделом, метална куглица и плочица од лима са стегом којом се зауставља кретање металне куглице у датим тренуцима.



Сл. 1.9. Експериментално проучавање равномерно убрзаној праволинијском кретања тела

Најпре метроном треба подесити тако да време између два узастопна откуцаја траје једну секунду. У тренутку првог откуцаја метронома (нулти откуцај) пушта се куглица из почетне тачке косог жлеба, из тачке 0. Приближно се одреди њен положај у тренутку следећег откуцаја метронома, дакле, на истеку прве секунде. У тај положај поставља се зауставна метална плочица (препрека) па се опет пушта куглица из нулте (почетне) тачке 0 да би се проверило да ли куглица удара у заклон (плочицу) тачно на истеку прве секунде. Ако то није постигнуто, заклон се помера напред или назад и поступак се понавља све док откуцај метронома и удар куглице о препреку (лимену плочицу) не буду истовремени. Тиме је уједно одређен и пређени пут куглице у току једне секунде. На сличан начин налазе се путеви пређени за 2, 3, 4, ... секунде.

Променом нагиба жлеба може се подесити да куглица у току прве секунде пређе пут, нпр.  $s_1 = 10$  см. При таквом нагибу жлеба (око један степен), установљено је да куглица за две секунде прелази пут  $s_2 = 40$  см, за три секунде  $s_3 = 90$  см, а за четири секунде  $s_4 = 160$  см, итд.

Куглица је, дакле, у појединим секундама прелазила путеве:

$$\text{прва секунда} \quad s_1 = 10 \text{ cm}$$

$$\text{друга секунда} \quad s_2 - s_1 = 40 \text{ cm} - 10 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$$

$$\text{ трећа секунда} \quad s_3 - s_2 = 90 \text{ cm} - 40 \text{ cm} = 50 \text{ cm}$$

$$\text{четврта секунда} \quad s_4 - s_3 = 160 \text{ cm} - 90 \text{ cm} = 70 \text{ cm, итд.}$$

Дакле, пређени путеви у појединим секундама налазе се у односу

10 см : 30 см : 50 см : 70 см, тј. као узастопни непарни бројеви 1 : 3 : 5 : 7...

**Мерење тренутне брзине и убрзања.** На коси жлеб (под истим нагибом) хоризонтално се поставља друга даска са жлебом и то почев од положаја (тачке) у којем

је била куглица на крају прве секунде, затим у положај у којем се налазила на крају друге секунде, треће и тако редом (сл. 1.9).

Од тренутка преласка куглице са косог на хоризонтални жлеб, њена брзина се не мења знатно у току првих неколико секунди (тренење котрљања може се практично занемарити). Дакле, куглица се по хоризонталном жлебу, бар у првом делу пута, креће сталном брзином коју је имала у тренутку преласка са косог на хоризонтални жлеб. Вредност те сталне брзине, одређује се на основу формуле:  $v = \frac{s}{t}$ , где се пут  $s$  и време  $t$  непосредно мере (сл. 1.9). Добијене вредности сталне брзине су у ствари вредности тренутне брзине у појединим положајима куглице на косом жлебу:

$$v_1 = 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}, v_2 = 0,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}, v_3 = 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \text{ итд., приказане на слици 1.9.}$$

Знајући вредности тренутне брзине у појединим положајима косог жлеба, може се одредити интензитет убрзања куглице за дати угао нагиба. У нашем огледу добија се:

$$a = \frac{v_1 - v_0}{t_1 - t_0} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{v_3 - v_2}{t_3 - t_2} = \frac{0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1\text{s}} = \frac{0,4 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1\text{s}} = \frac{0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1\text{s}} = 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

**Пут код равномерно убрзаног праволинијског кретања.** Код равномерно убрзаног праволинијског кретања брзина се равномерно мења (увећава). Пређени пут једнак производу средње вредности брзине и времена:

$$s = v_s \cdot t.$$

Средња вредност брзине тела код равномерно променљивог кретања (о којој ће бити посебно речи) једнака је аритметичкој средини почетне вредности брзине и вредности брзине на крају пређеног пута:

$$v_s = \frac{v_0 + v}{2} = \frac{v_0 + v_0 + at}{2} = v_0 + \frac{1}{2} at$$

Заменом у изразу:  $s = v_s \cdot t$ , добија се формула за пут код равномерно убрзаног праволинијског кретања са почетном брзином (закон пута):  $s = (v_0 + \frac{1}{2} at) \cdot t$ ,  
односно,  $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ .

Ако тело није имало почетну брзину ( $v_0 = 0$ ), тада се једначина пута (закон пута) код равномерно убрзаног праволинијског кретања своди на облик:

$$s = \frac{1}{2} at^2.$$

У решавању одређених задатака често се захтева да се одреди брзина тела на крају пређеног пута (крајња брзина). Формула која показује зависност брзине од пута за равномерно убрзано праволинијско кретање добија се комбиновањем израза за брзину и пут:

$$v = v_0 + at \quad \text{и} \quad s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

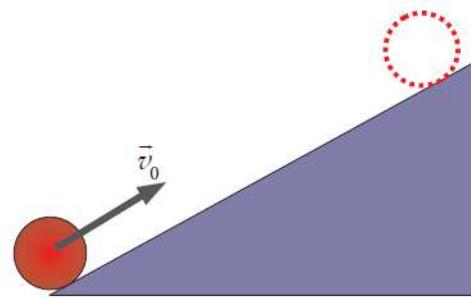
Из првог израза  $t = \frac{v - v_0}{a}$ , заменом у изразу за пут, после одређених операција, за равномерно убрзано праволинијско кретање, добија се:

$$v^2 = v_0^2 + 2as.$$

Ако је тело започело кретање из стања мировања ( $v_0 = 0$ ), тада је крајња брзина (брзина на крају пута) одређена формулом:  $v^2 = 2as$ .

## РАВНОМЕРНО УСПОРЕНО ПРАВОЛИНИЈСКО КРЕТАЊЕ

Кретање тела по правој линији (путањи) брзином која се смањује за исте вредности у једнаким интервалима времена, назива се **равномерно успорено праволинијско кретање** (сл. 1.10). Код овог кретања промене брзине су негативне; свака следећа вредност брзине мања је од претходне, тј.  $v < v_0$ , па је интензитет убрзања одређен формулом:  $a = \frac{v_0 - v}{t}$ , где су  $v_0$  – интензитет почетне брзине и  $v$  – интензитет брзине у тренутку  $t$ .



Сл. 1.10. Равномерно успорено кретање

Правац убрзања се поклапа са правцем брзине (правцем кретања), а његов смер је супротан смеру брзине, односно смеру кретања тела.

Одавде се добија зависност брзине од времена код равномерно успореног праволинијског кретања (закон брзине):

$$v = v_0 - at.$$

Средња вредност брзине тела код равномерно успореног праволинијског кретања одређена је истом формулом као и код убрзаног кретања само што се уместо знака плус (+) ставља знак минус (-); убрзање и брзина имају супротне смерове:

$$v_s = v_0 - \frac{1}{2}at$$

До формуле која показује колики пут тело пређе за одређено време, крећући се равномерно успорено, долази се на сличан начин као и код равномерно убрзаног кретања само што се мења предзнак код члана са убрзањем:

$$s = v_0 t - \frac{1}{2}at^2.$$

Брзина на крају пређеног пута (крајња брзина) код равномерно успореног праволинијског кретања (изводи се на аналоган начин као и код равномерно убрзаног кретања) изражава се формулом:  $v^2 = v_0^2 - 2as$ .

**Итензитет, правац и смер брзине и убрзања.** Потпуна дефиниција **брзине** и **убрзања** тела подразумева познавање њиховог интензитета, правца и смера.

Упознали смо како се одређује интензитет, правац и смер брзине тела које се креће равномерно праволинијски (стална брзина).

Код равномерно променљивог праволинијског (равномерно убрзаног и равномерно успореног) кретања интензитет брзине и убрзања одређује се на основу формула којима се ове величине израчунавају ( $v = v_0 + at$  и  $a = \frac{v - v_0}{t}$ ;  $v = v_0 - at$  и  $a = \frac{v_0 - v}{t}$ ).

Шта можемо рећи о правцу и смеру брзине и убрзања? Код равномерно убрзаног кретања (брзина се равномерно увећава) правац и смер убрзања се поклапају са правцем и смером брзине, односно са правцем и смером кретања тела. Кад је реч о равномерно успореном кретању (брзина се равномерно смањује) правац убрзања се, такође поклапа са правцем брзине (права линија), а смер убрзања је супротан смеру брзине, односно смеру кретања тела.

Најважнија карактеристика равномерно променљивог праволинијског кретања, без обзира на то да ли је реч о равномерно убрзаном или равномерно успореном, је да је убрзање тела стално, тј. да оно у току датог кретања не мења ни интензитет, ни правац, ни смер ( $a = \text{const}$ ).

## СРЕДЊА ВРЕДНОСТ БРЗИНЕ

У реалним условима тела се најчешће крећу брзином која се мења у току кретања и дуж путање произвољног облика. Превозна средства при поласку, током кретања и заустављања мењају брзину. За описивање таквог кретања уводи се **средња вредност брзине** или **средњи интензитет брзине**.

**Средња вредност брзине је, дакле карактеристика променљивог кретања.**

Израз за средњу вредност брзине има облик:

$$v_s = \frac{s_u}{t_u},$$

где су  $s_u$  – укупно пређени пут, а  $t_u$  – време за које се тај пут прелази.

**Средња вредност брзине тела једнака је количнику пређеног пута и интервала времена током којег се тај пут прелази.**

Средња вредност брзине тела може да се дефинише и на следећи начин:

**Средња вредност брзине тела променљивог кретања је она вредност брзине при равномерном кретању којом би тело прешло исти пут за једнако време као и при променљивом кретању.**

Када је реч о средњој вредности брзине, увек се мисли на њен средњи интензитет (на њену средњу вредност) изражен одговарајућом мерном јединицом.

Множењем средње вредности брзине и времена за које се тело кретало добија се пређени пут код променљивог кретања:

$$s = v_s \cdot t$$

Назив **брзина** често се погрешно поистовећује са њеним **интензитетом**. У том случају се „заборавља“ да брзину, поред интензитета, карактеришу правац и смер.

Каже се, нпр., да се воз кретао од Београда до Ниша брзином  $80 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ , а реч је у ствари о средњој вредности (средњем интензитету) брзине. Разлика је још израженија ако се воз кретао по кривој путањи где се непрестано мењају правац и смер, и када је при томе сталан интензитет брзине.

## ТРЕНУТНА БРЗИНА

Средња вредност брзине односи се на дужину пута коју тело прелази у току датог временског интервала. Средња вредност брзине је различита за разне интервале времена, тј. за поједине делове пута. Зато она не може бити карактеристика кретања тела у појединим положајима (тачкама) путање. За одређивање стања кретања тела у било којем положају путање, односно тренутку времена потребно је познавати **тренутну брзину тела**.

**Брзина тела у датој тачки путање у одређеном тренутку назива се тренутна брзина.**

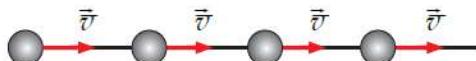
Тренутна брзина не катахерише кретање тела на целом путу, већ само у једној тачки путање у датом тренутку.

Код равномерно праволинијског кретања, вредност (интензитет) тренутне брзине у свим тренуцима је иста, остаје непромењена (стална) у току кретања; правац и смер тренутне брзине се поклапају са правцем и смером кретања тела (сл. 1.11).

У случају равномерно променљивог праволинијског кретања, вредност тренутне брзине се равномерно мења: код убрзаног кретања се увећава, а при успореном кретању се смањује (сл. 1.12 и сл. 1.13). У оба случаја правац и смер тренутне брзине поклапају се са правцем и смером кретања тела.

Аутомобили, аутобуси, возови, бродови и друга саобраћајна средства имају уграђене инструменте за мерење брзине – **брзинометре**, којима се мери тренутна вредност брзине (сл. 1.14).

Преглед формула, односно закона којима се описује равномерно променљиво праволинијско кретање (стално убрзање) дат је у табели 1.



Сл. 1.11. Равномерно праволинијско кретање тела



Сл. 1.12. Равномерно убрзано праволинијско кретање тела



Сл. 1.13. Равномерно успорено праволинијско кретање тела



Сл. 1.14. Брзинометар

РАВНОМЕРНО ПРОМЕНЉИВО ПРАВОЛИНИЈСКО КРЕТАЊЕ		
ВЕЛИЧИНА	Равномерно убрзано кретање $a > 0; a = \text{const.}$	Равномерно успорено кретање $a < 0; a = \text{const.}$
Брзина	$v = v_0 + at$	$v = v_0 - at$
Средња вредност брзине	$v_s = v_0 + \frac{1}{2}at$	$v_s = v_0 - \frac{1}{2}at$
Пут	$s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$	$s = v_0 t - \frac{1}{2}at^2$
Крајња брзина (брзина на крају пута)	$v^2 = v_0^2 + 2as$	$v^2 = v_0^2 - 2as$
Итензитет сile (сила)	$F > 0; F = \text{const.}$	$F < 0; F = \text{const.}$

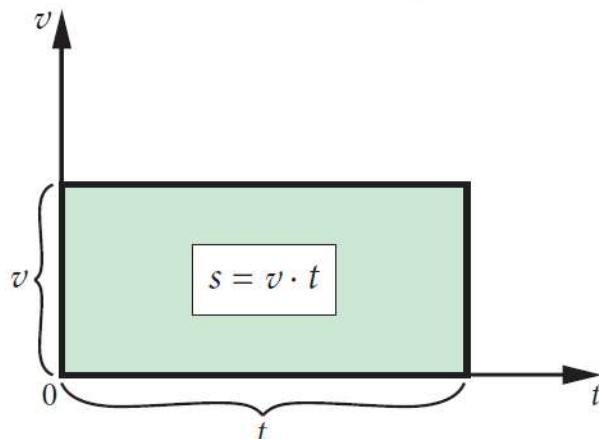
Табела 1. Формулe величина којима се описује равномерно променљиво праволинијско кретање

## ГРАФИЧКО ПРЕДСТАВЉАЊЕ ЗАВИСНОСТИ БРЗИНЕ И ПУТА КОД РАВНОМЕРНО ПРАВОЛИНИЈСКОГ КРЕТАЊА

Када се тело креће равномерно праволинијски графикон брзине у  $t - v$  координатном систему\*\* је полуправа паралелна  $t$  – оси (сл. 1.15). У сваком тренутку брзина има исту вредност (правац и смер брзине се поклапају са правцем и смером кретања тела). Графикон брзине почиње из тачке чији положај одређује вредност брзине у тренутку  $t = 0$  (када почиње да се прати кретање). Осенчена површина на слици бројно је једнака пређеном путу за време  $t$ . Види се, да је то површина правоугаоника чије су странице  $v$  и  $t$  (обојени део), односно да је:

$$s = v \cdot t$$

Пређени пут бројно је једнак површини испод графикона који показује зависност брзине од времена.



Сл.1.15. Графичко одређивање пута код равномерно праволинијског кретања

\*\* Најједноставнији координатни систем чине две узајамно нормалне осе ( $x, y$ ), у нашем случају то су  $t$  и  $v$  (време и брзина). У пресеку тих оса је референтно тело (координатни почетак 0).

## ГРАФИЧКО ПРЕДСТАВЉАЊЕ ЗАВИСНОСТИ БРЗИНЕ ТЕЛА ОД ВРЕМЕНА КОД РАВНОМЕРНО ПРОМЕНЉИВОГ ПРАВОЛИНИЈСКОГ КРЕТАЊА

**График брзине.** Зависност брзине од времена код равномерно убрзаног праволинијског кретања:  $v = v_0 + at$ , приказаћемо и графички на конкретном примеру. Претпоставићемо да тело започиње кретање из стања мировања ( $v_0 = 0$ ) и да оно има убрзање  $a = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . У том случају формула за брзину добија облик:

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

На основу ове формуле добија се табела.

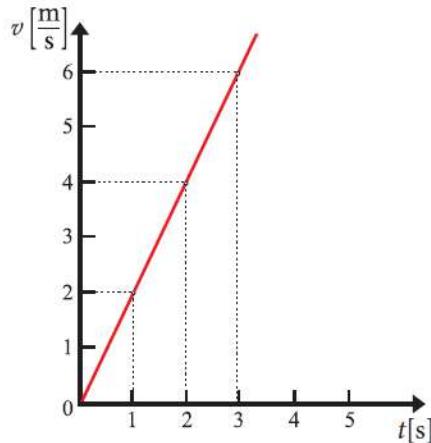
Подаци из табеле наносе се на две међусобно нормалне бројне осе. На хоризонталну осу наносе се вредности времена, а на нормалну (вертикалну) бројну осу одговарајуће вредности брзине.

График брзине је полуправа која полази из тачке  $(0,0)$  и кроз тачке  $(1, 2)$ ,  $(2, 4)$ ,  $(3, 6)$  итд. (На слици 1.16 црвено обојена).

Једноставно се закључује: уколико убрзање има већу вредност, то је и стрмина графика брзине већа и обратно. У то се можете и сами уврить ако на истој слици нацртате график брзине за случај када тело полази из стања мировања ( $v_0 = 0$ ) и са убрзањем  $a = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

Табела

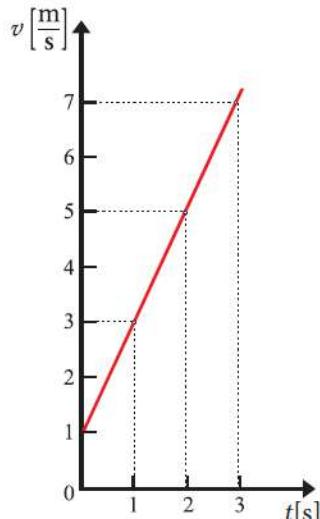
$t (\text{s})$	0	1	2	3
$v (\text{m/s})$	0	2	4	6



Сл. 1.16.

Табела

$t (\text{s})$	0	1	2	3
$v (\text{m/s})$	1	3	5	7



Сл. 1.17.

График брзине равномерно успореног праволинијског кретања, приказаћемо такође на конкретном примеру. Нека је почетна брзина тела  $v_0 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  и његово убрзање  $a = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . Пријемом формуле за брзину равномерно успореног праволинијског кретања ( $v = v_0 - at$ ), односно у конкретном облику:

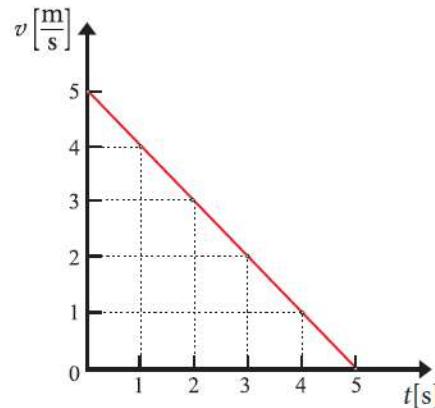
$$v = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} t,$$

добијају се подаци у табели. На основу тих података црта се график брзине (сл. 1.18).

На слици се види да график брзине тела за равномерно успорено праволинијско кретање почиње из тачке  $t_0 = 0$  и  $v_0 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . У току времена на вредност брзине се смањује, и на крају пута њена вредност је нула. По истеку тог времена (у нашем примеру после пете секунде) кретање престаје (тело се зауставља).

Табела

$t (\text{s})$	0	1	2	3	4	5
$v (\text{m/s})$	5	4	3	2	1	0

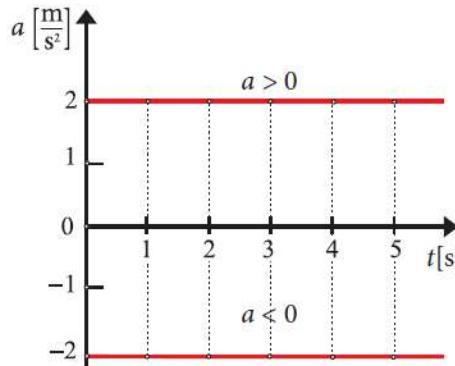


Сл. 1.18.

## Додатни садржај

**График убрзања.** Графички приказ убрзања равномерно променљивог праволинијског кретања тела дат је на слици 1.19. Вредност (интензитет) убрзања се не мења у току времена. Има позитивну вредност за равномерно убрзано кретање, јер се смер убрзања поклапа са смером брзине, односно са смером кретања тела. Код равномерно усLOORено кретања вредност убрзања има негативни предзнак, због што је његов смер супротан смеру кретања тела. На слици су приказани графици за убрзање: интензитета  $a = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  (равномерно убрзано) и интензитета  $a = -2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  (равномерно усLOORено кретање).

Треба имати на уму да се графички могу приказати само интензитети брзине и убрзања у зависности од времена, али не као векторске величине.



Сл. 1.19.

## МЕЂУСОБНО ДЕЛОВАЊЕ ДВА ТЕЛА – СИЛЕ АКЦИЈЕ И СИЛЕ РЕАКЦИЈЕ

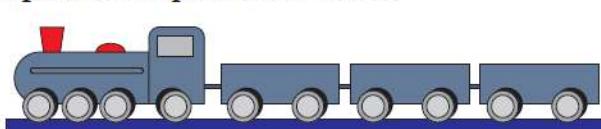
У природи не постоји тело које не делује са другим телима, односно тело на које не делују друга тела. Међусобно деловање\*\*\* тела има општи карактер. Наше разматрање је усмерено на основна међусобна деловања тела која се изучавају у физици.

Међусобно (узајамно) деловање које изазива деформацију тела (промену облика и димензија) је **статичко међусобно деловање**.

Међусобно деловање које узрокује промену стања кретања тела (промену брзине) назива се **динамичко међусобно деловање**.

Међусобна деловања тела у физици остварују се на два основна начина: **непосредним контактом** и **посредством физичког поља**.

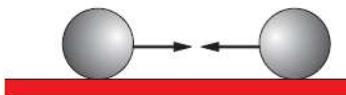
Непосредним контактом остварују се нпр. међусобна деловања: локомотиве и железничке композиције (сл. 1.20), човека



Сл. 1.20. Међусобно деловање локомотиве и вагона



Сл. 1.21. Фудбалер шутира лопту



Сл. 1.22. Две кугле налеђују једна на другу

и колица, играча и фудбалске лопте (сл. 1.21) итд. Карактеристичан случај узајамног деловања тела настаје приликом тзв. **судара два тела**. Типичан пример судара тела је када две кугле налеђују једна на другу (сл. 1.22). После њиховог судара мењају се кретања, односно брзине оба тела. У проучавању таквог судара обично се узимају у обзир промене брзине једног и другог тела (обе кугле). Међутим, у већини других случајева настале промене брзине (или деформације) у току међусобног деловања тела прате се само код једног тела, а код другог или других тела се заменарују (не узимају у обзир). Тада кажемо да на дато тело делује друго тело, односно да на то тело делује сила. Железничка композиција се покреће (мења стање кретања, односно мења брзину) услед деловања вучне сile локомотиве (супротно усмерено деловање композиције на локомотиву се обично занемарује). Када човек вуче или гура колица, говоримо о сили човекових мишића (а знато да и колица делују на човека и да је то разлог његовог замарања). Када играч удари лопту ногом или главом пратимо њено кретање, а занемарујемо ефекте које лопта оставља на играчу. Дакле, и у овом примеру се међусобно деловање своди на деловање једног тела на друго тело. При томе деловање једног тела на друго тело треба схватити као посебан случај међусобног (узајамног) деловања чији се ефекти више опажају код једног него код другог (других) тела.

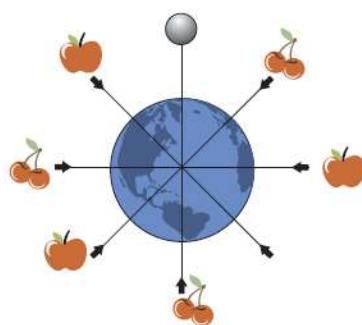
Међусобно или узајамно деловање двају тела је обострано и истовремено настаје, постоји и ишчезава.

\*\*\* Поред термина међусобно деловање, равноправно се користе и изрази: узајамно деловање и интеракција тела.

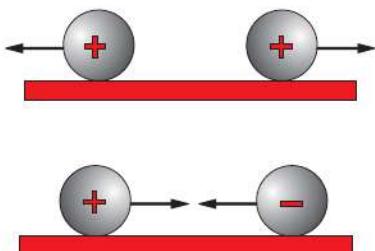
## Међусобно деловање два тела посредством физичког поља

Тела могу узајамно деловати иако нису у непосредном контакту. Опште је познато да Земља привлачи и тела изнад њене површине (сл. 1.23). Али треба имати на уму да и та тела привлаче Земљу. Међутим, због знатно веће Земљине масе опажа се само промена стања кретања (промена брзине) тела која слободно падају на њену површину. Зато се међусобно деловање Земље и тела своди на деловање Земље на тело. Земља делује на тела гравитационом силом, па тела, ако у томе нису спречена, слободно падају на њену површину.

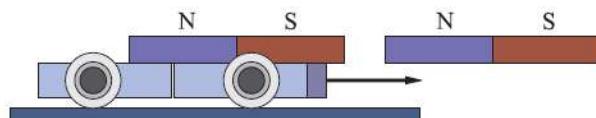
Нелектрисана тела узајамно делују и када се налазе на међусобном растојању (сл. 1.24). Узајамно се одбијају ако су наелектрисања тела истоимена, а узајамно се привлаче када су њихова наелектрисања разноимена.



Сл. 1.23. Земљино деловање



Сл. 1.24. Узајамно деловање наелектрисаних тела



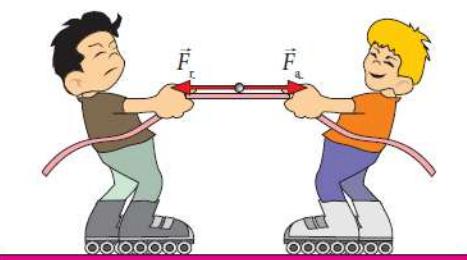
Сл. 1.25. Узајамно деловање магнета

Узајамно деловање магнета приказано је на слици 1.25. На колицима је причвршћен један магнет, а други му се приближава или удаљава. На слици се колица крећу према магнету. Ако се један од магнета обрне за  $180^\circ$ , колица ће се кретати у супротном смеру. Узрок овог кретања је магнетно поље.

## Силе акције и реакције

Два дечака стоје на ролерима и затежу канап (сл. 1.26). Када дечак А вуче конопац, обожица ће се кретати у сусрет један другом. Исто ће се десити и када дечак В вуче дечака А. Деловање једног дечака на другог дечака увек изазива и деловање другог дечака на првог дечака.

Помоћу једноставног огледа могу се мери-ти међусобна деловања (одговарајуће сile) два тела.



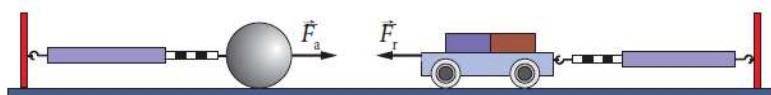
Сл. 1.26. Илустрација силе акције и силе реакције

На слици 1.27 је приказано мерење силе којом магнет делује на челичну куглу, односно силе којом челична кугла делује на магнет. Оба динамометра показују исту вредност силе.

Изводи се закључак:

**Ако једно тело делује на друго тело одређеном силом, увек се јавља и сила истог интензитета и правца, а супротног смера којом друго тело делује на прво.**

Сила којом прво тело делује на друго тело назива се **сила акције** ( $F_a$ ), а сила којом друго тело делује на прво је **сила реакције** ( $F_r$ ).



Сл. 1.27. Мерење силе акције и силе реакције

### ТРЕЋИ ЊУТНОВ ЗАКОН (ЗАКОН АКЦИЈЕ И РЕАКЦИЈЕ)

Трећи Њутнов закон дефинише однос између силе акције и силе реакције и гласи:

**Силе којима два тела делују једно на друго имају исте интензитетете и правце, а супротне смерове и различите нападне тачке. Или: сила акције и сила реакције имају једнаке интензитетете и исте правце, али супротне смерове и различите нападне тачке.** То се изражава у облику:

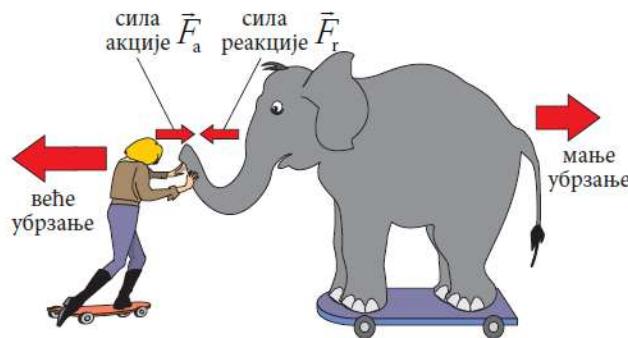
$$\bar{F}_a = -\bar{F}_r$$

Стрелице изнад симбола за силе означавају да силу као физичку величину одређују, поред интензитета, правац и смер (о чему смо и раније говорили).

У формулатији Трећег Њутновог закона није посебно истакнуто, али се то подразумева да сила акције и сила реакције имају исту природу. Ако једно тело делује на друго тело гравитационом силом, онда и друго тело делује на прво, такође гравитационом силом. То се односи и на друге облике сила којима два тела узајамно делују (на електричну, магнетну силу, силу трења итд.).

Сила акције и сила реакције увек се јављају у паровима, пошто и ишчезавају истовремено. Убрзања тела која потичу од силе акције и силе реакције имају супротне смерове.

На слици 1.28 су приказане силе акције и реакције које иако истог интензитета, телима саопштавају различита убрзања. То је условљено различитим масама тих тела (масе укротитељке животиња и масе слона).



Сл. 1.28. Сила акције и сила реакције узрокују различита убрзања тела неједнаких маса

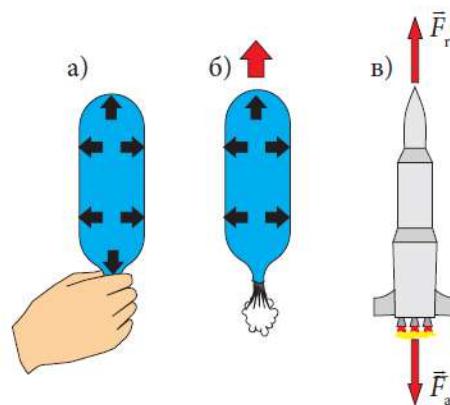
Треба истаћи да силе о којима се говори у Трећем Њутновом закону (сила акције и сила реакције) делују на различита тела (говори се о два тела) и зато се не могу узајамно поништити (компензовати). Узајамно се могу поништити само силе које делују на једно исто тело.

Примена Трећег Њутновог закона у свакодневном животу и техници је веома честа.

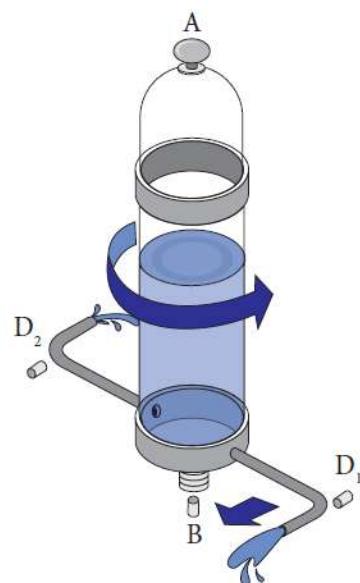
Када се надува дугуљasti гумени балон (сл. 1.29, а) и ослободи отвор балона, сила еластичности балона истискиваће ваздух кроз ослобођени отвор (сл. 1.29, б). Интензитет силе којом балон истискује ваздух (сила акције) једнак је интензитету силе која делује на балон (сила реакције) и потискује га у супротном смеру (навише). На принципу реактивног погона крећу се ракете (сл. 1.29, в).

**Сингерово коло.** Састоји се из цилиндра напуњеног водом и две хоризонталне цеви  $D_1$  и  $D_2$  постављене при дну цилиндра, које су на крајевима савијене у супротним смеровима (сл. 1.30). Цилиндар може лако да се обрће око држача АВ.

Рад Сингеровог кола заснива се такође на Трећем Њутновом закону (Закону акције и реакције). Када се изводе чепови из отвора савијених цеви, млазеви воде истицаће у смеру кретања казаљке на сату, док ће се цилиндар услед деловања силе акције и силе реакције обррати у супротном смеру око држача АВ (сл. 1.30.).



Сл. 1.29. Примери реактивног кретања тела



Сл. 1.30. Сингерово коло

## 1. СИСТЕМАТИЗАЦИЈА И ОБНАВЉАЊЕ ГРАДИВА

- Област механике у којој се описују кретања тела, не улазећи у узроке њиховог настајања, назива се **кинематика**.

Део механике у којем се кретање тела потпуније описује и објашњава, узимајући у обзир и узроке њиховог настајања, назива се **динамика**.

- Сила је мера међусобног деловања (интеракције) тела. Конкретније: сила је узрок деформације (промене облика и димензија) тела или промене стања кретања, промене брзине, односно појаве убрзања тела.

- Вредност (интензитет) убрзања одређује се тако што се промена вредности брзине подели интервалом времена у току којег је та промена настала:

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

где је  $v$  – вредност брзине у тренутку  $t$ , а  $v_0$  у тренутку  $t_0$ ,  $\Delta v$  – промена вредности брзине и  $\Delta t$  интервал времена.

- Други Њутнов закон (Закон силе): производ масе тела и интензитета убрзања једнак је интензитету силе која делује на то тело:

$$ma = F$$

Јединица силе је **њутн (N)**: вредност силе која тело масе од једног килограма убрзава један метар у секунди сваке секунде (у секунди на квадрат):  $N = \text{kg} \frac{m}{s^2}$ .

• Сила се може мерити посредно: мерењем масе тела и његовог убрзања (динамичка метода), али се показује много погодније мерење силе динамометром (статичка метода).

• Кретање тела чија се брзина мења у току времена назива се **променљиво кретање**. Зависно од облика путање, кретања могу да буду **праволинијска** и **криволинијска**.

Најједноставнији облик променљивог кретања је **равномерно променљиво праволинијско кретање**: то је кретање тела по правој линији брзином чији се интензитет (вредност) равномерно мења у току времена.

Када се брзина тела равномерно увећава у току времена, такво кретање је **равномерно убрзано**, а ако се брзина равномерно смањује у току времена, кретање је **равномерно успорено**.

- Једна од карактеристика променљивог кретања је **средња вредност брзине**.

**Средња вредност брзине променљивог кретања је она вредност брзине при равномерном кретању којом би тело прешло исти пут за једнако време као и при променљивом кретању.**

Множењем средње вредности брзине и времена за које се тело кретало добија се пређени пут код променљивог кретања:

$$s = v_s \cdot t$$

- Брзина тела у датој тачки путање у одређеном тренутку назива се **тренутна брзина**.

• Интензитет (вредност) тренутне брзине код равномерно убрзаног праволинијског кретања одређен је формулом:

$$v = v_0 + at$$

Одговарајућа средња вредност брзине једнака је аритметичкој средини почетне и крајње вредности тренутне брзине

$$v_s = \frac{v_0 + v}{2} = v_0 + \frac{1}{2}at$$

Множењем средње вредности брзине и протеклог времена добија се пређени пут код равномерно убрзаног праволинијског кретања:

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2,$$

где је:  $v_0$  – интензитет почетне брзине,  $a$  – интензитет убрзања и  $t$  – време кретања тела.

Ако тело полази из стања мировања ( $v_0 = 0$ ) претходне формуле добијају облике:

$$v = at, \quad v_s = \frac{1}{2} at \quad \text{и} \quad s = \frac{1}{2} at^2.$$

- Изрази за интензитет тренутне брзине, средње вредности брзине и за пут код равномерно успореног праволинијског кретања добијају се из одговарајуће формуле за равномерно убрзано праволинијско кретање стављањем негативног предзнака испред убрзања ( $-a$ ):

$$v = v_0 - at, \quad v_s = v_0 - \frac{1}{2} at \quad \text{и} \quad s = v_0 t - \frac{1}{2} at^2.$$

Тело које се креће равномерно успорено, зауставља се у тренутку када брзина тела буде једнака нули ( $v = 0$ ). Тада се за зауставно време  $t_k$  добија:

$$0 = v_0 - a t_k \quad \text{односно: } t_k = \frac{v_0}{a},$$

а за зауставни пут:  $s_z = \frac{v_0^2}{2a}$ .

Формула за зауставни пут може се извести и на следећи начин:

$$v_s = \frac{v_0 + v}{2} = \frac{v_0}{2}$$

$$s_z = v_s \cdot t_k = \frac{v_0}{2} \cdot \frac{v_0}{a} = \frac{v_0^2}{2a}.$$

- Два тела међусобно делују непосредним контактом и посредством физичког поља (гравитационо, електрично и магнетно поље).

Деловања тела су увек међусобна: ако једно тело делује на друго тело, онда и то друго тело делује на прво.

Ако међусобно деловање два тела прати деформација или промена стања кретања, односно промена брзине само једног тела, онда се каже да на њега делује друго тело одређеном силом. Тада се, дакле, међусобно деловање (које у ствари и реално постоји) два тела своди на деловање једног на друго тело.

- Сила којом једно тело делује на друго тело назива се **сила акције**, а сила којом друго тело делује на прво је **сила реакције**. Сила акције и сила реакције јављају се у паровима; истовремено се јављају, постоје и ишчезавају.

**Трећи Њутнов закон (Закон акције и реакције):** ако једно тело делује на друго тело одређеном силом, онда и друго тело делује на прво тело силом једнаког интензитета и истог правца, али супротног смера:  $\vec{F}_a = -\vec{F}_r$ .

Сила акције и сила реакције имају исту природу. Ако нпр. једно тело делује на друго тело гравитационом или електричном силом онда и друго тело делује на прво, такође, гравитационом односно електричном силом.

Сила акције и сила реакције делује на различита тела и зато се не могу међусобно поништавати.

Узајамно се могу поништавати (компензовати) само силе које делују на исто тело.

Убрзања тела која потичу од силе акције и силе реакције, имају супротне смерове.

Њутнови закони механике у математичком облику дати су у табели.

ЊУТНОВИ ЗАКОНИ	
назив закона	математички израз
Први закон (Закон инерције)	$\vec{F} = 0; \vec{v} = 0 \text{ или } \vec{v} = \text{const}$
Други закон (Закон силе)	$\vec{F} = m\vec{a}$
Трећи закон (Закон акције и реакције)	$\vec{F}_a = -\vec{F}_r$

# ПРВА ЛАБОРАТОРИЈСКА ВЕЖБА

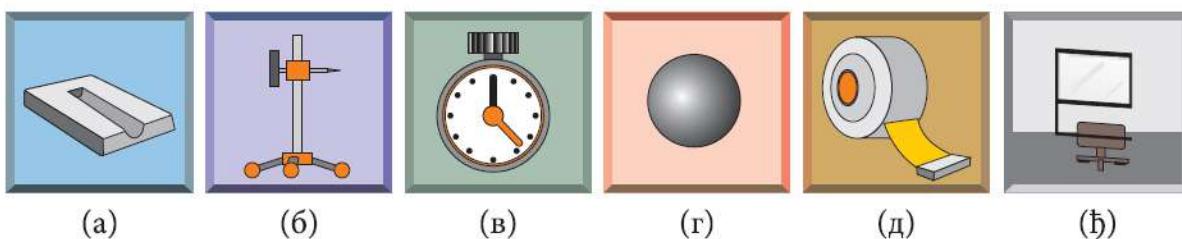
## ОДРЕЂИВАЊЕ СТАЛНОГ УБРЗАЊА

### Задатак

Одредити убрзање равномерно убрзаног праволинијског кретања при кретању куглице низ косо постављени жлеб мерењем пређеног пута и времена.

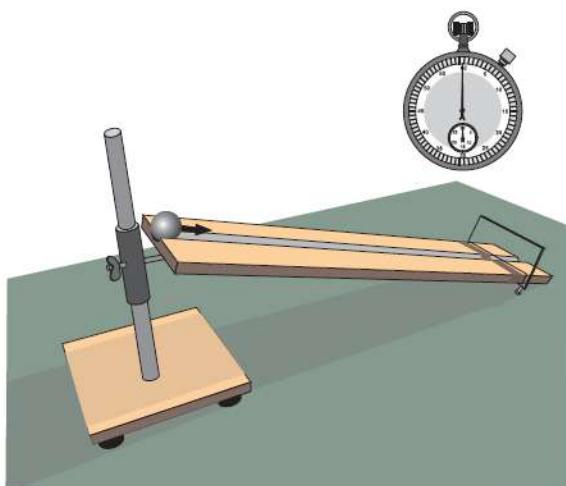
### Прибор

- а) летва са жлебом дужине око 1,5 м
- б) сталак
- в) метроном или штоперица са најмањом тачношћу 0,2 с
- г) куглица
- д) трака са милиметарском поделом дужине око 1 м
- ђ) граничник са стегом (или метални ваљак за заустављање куглице)



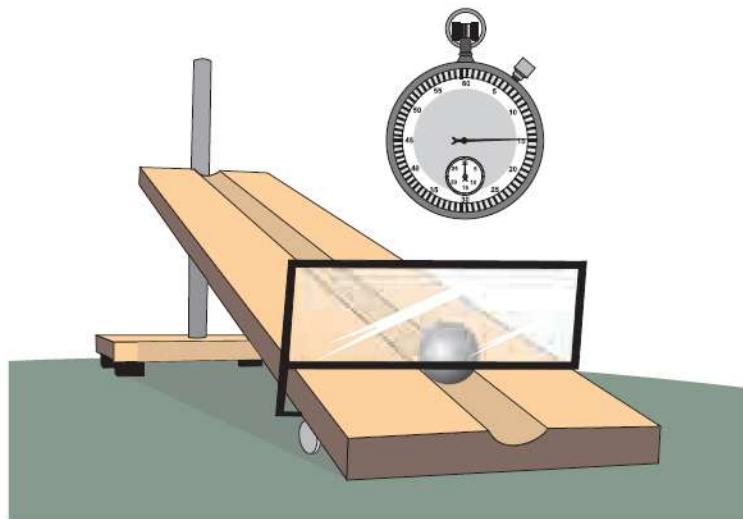
### Упутство

Од почетка жлеба на летви одмерите дужину од 1 м помоћу трake са милиметарском поделом. На то место поставити граничник (или метални ваљак). Вредност растојања од почетка жлеба до граничника, представља дужину пређеног пута куглице. Тако припремљену летву поставити косо под малим углом (око  $1^\circ$ ) у односу на хоризонталну раван. Потом поставити куглицу у горњи почетни положај и истовремено пустити куглицу и укључити штоперицу, односно хронометар (сл. 1).



Слика 1

У тренутку када куглица удари у граничник, искључити штоперицу (сл. 2), затим се на штоперици очитава време за које је куглица прешла предвиђено расстојање.



Слика 2

Познавањем пута  $s$  и времена  $t$ , користећи познату формулу за пут који тело пређе при равномерно убрзаном праволинијском кретању без почетне брзине ( $v_0 = 0$ ):  $s = \frac{1}{2}at^2$ , може се израчунати убрзање куглице низ косо постављени жлеб:

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

Мерење поновити више пута. На основу мерних података добијају се приближно (у границама грешке мерења) једнаке вредности убрзања, наравно, ако се при тим мерењима не мења нагибни угао летве са жлебом. Са повећањем нагибног угла увећава се и вредност убрзања, и обратно. Али, при одређеном (датом) нагибном углу вредност убрзања остаје стална (не мења се).

### Приказивање резултата

Измерене и израчунате податке унети у табелу.

Редни број мерења	Пут $s$ [m]	Време $t$ [s]	Квадрат измерене вредности времена $t^2$ [ $s^2$ ]	Убрзање $a$ [ $m/s^2$ ]
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

## Закључак

Средња вредност, апсолутна и релативна грешка:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Напомена

Грешке при мерењу вредности физичких величина су обрађене у уџбенику за 6. разред, а обновили смо их у овом уџбенику на страни 7.

## ДРУГА ЛАБОРАТОРИЈСКА ВЕЖБА

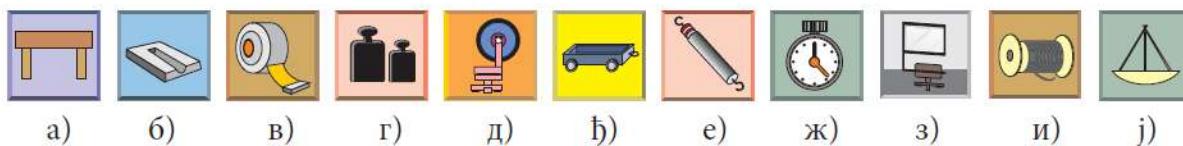
### ПРОВЕРА ДРУГОГ ЊУТНОВОГ ЗАКОНА

#### Задатак

Експериментална провера Другог Њутновог закона за транслаторно кретање тела.

#### Прибор

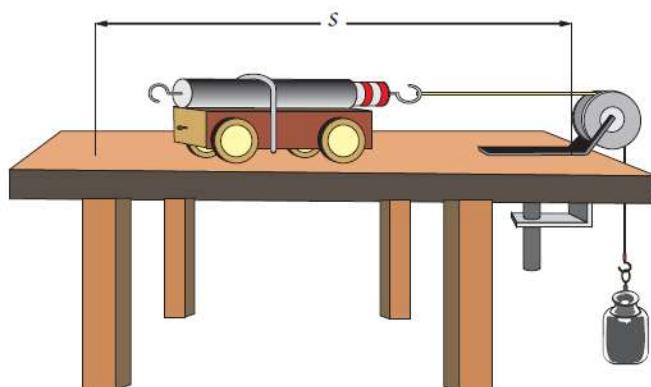
- а) радни сто са хоризонталном површином
- б) ужлебљена летва
- в) метарска трака са милиметарском поделом
- г) комплет тегова
- д) котур са жлебом учвршћен за један крај стола
- ђ) колица
- е) динамометар
- ж) хронометар (штоперица) са тачношћу десетог дела секунде
- з) граничник за заустављање колица
- и) конац
- ј) теразије



#### Упутство

Вежба се састоји из два дела: један је одређивање силе трења, а други део је провера Другог Њутновог закона механике.

На хоризонталну подлогу поставити ужлебљену летву. Потом на њен десни крај, причврстити граничник и ужлебљени котур. Повезати концем један крај динамометра, окачiti тас и конац пребацити преко котура. Други крај динамометра везати за колица.



Прво треба, помоћу динамометра измерити силу трења ( $F_{tr}$ ) између колица и ужлебљене летве. То се постиже тако што се на тас постепено постављају тегови до тренутка када се колица покрену. Тада се уравнотежују тежина таса и тегова са силом трења (колица би се кретала равномерном брзином). Сила трења одговара сили коју очитавамо на динамометру.

При даљем раду треба узети у обзир да је сила ( $F$ ) која саопштава убрзање колицима једнака разлици силе затезања конца (која се мери динамометром) и силе трења.

## 1. ДЕО

### ЗАВИСНОСТ УБРЗАЊА ОД ИНТЕНЗИТЕТА СИЛЕ ПРИ СТАЛНОЈ МАСИ

На тас додати тег чија тежина представља силу ( $F$ ) која саопштава убрзање колицима. Колица поставити на растојање ( $s$ ) од граничника. Ово растојање измерити метарском траком. Оно представља пређени пут ( $s$ ), а податак унети у табелу.

Истовремено са пуштањем колица укључити хронометар (штоперицу) и измерити време кретања колица ( $t$ ) док делује сила ( $F$ ), односно док колица не удара у граничник када се искључује хронометар. Очитати време на хронометру и ту вредност унети у табелу.

Из израза за пређени пут равномерно убрзаног кретања тела, као што је кретање наших колица:

$$s = \frac{1}{2} at^2,$$

налази се убрзање колица:

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

Заменом измерених података за пут ( $s$ ) и време ( $t$ ) израчунава се убрзање колица ( $a$ ).

Поставити два тега истих тежина на тас (то је два пута већа сила), па поновити претходни поступак, а затим исто то урадити и за три тега једнаких тежина. При томе дужину пута ( $s$ ) не мењати.

Мерењем и израчунавањем се потврђује да је убрзање сразмерно сили која делује на тело, односно да се убрзање повећава са увећањем силе ( $a \sim F$ ).

### Приказивање резултата

Мерењем добијене и израчунате податке унети у табелу.

Редни број мерења	Сила трења $F_t$ [N]	Сила која делује на колица $F$ [N]	Пут $s$ [m]	Време $t$ [s]	Убрзање колица $a$ [ $m/s^2$ ]

Зависност убрзања тела (колица) од интензитета силе (тежине тегова) при сталној маси тела (маса колица константна) може се и графички приказати. График ове зависности је права линија. Од чега зависи коефицијент правца те праве?

## 2. ДЕО

### ЗАВИСНОСТ УБРЗАЊА ОД МАСЕ ТЕЛА ПРИ СТАЛНОЈ СИЛИ

Узети да стална сила буде тежина тега (тегова) који је коришћен у једном од претходних случајева. Преписати податке добијене у том случају за време  $t$ .

На колица додавати тегове тако да се њихова маса повећа два, три итд. пута. За сваки од тих случајева измерити силу трења поступно као и претходно. После тога поновити мерења као и у првом делу вежбе.

### Приказивање резултата

Измерене и израчунате податке унети у табелу.

Редни број мерења	Маса колица са теговима $m$ [kg]	Пут $s$ [m]	Време $t$ [s]	Убрзање тела (колица) $a$ [ $m/s^2$ ]

На основу измерених и израчунатих података, закључује се: убрзање тела при деловању сile истог интензитета обрнуто је сразмерно масама тих тела ( $a \sim \frac{1}{m}$ ).

Обједињавањем закључака у првом и другом делу вежбе ( $a \sim F$  и  $a \sim \frac{1}{m}$ ) експериментално се потврђује Други Њутнов закон механике: интензитет сile једнак је производу масе тела и интензитета његовог убрзања ( $F = ma$ ).

## Закључак

Средња вредност, апсолутна и релативна грешка:

---

---

---

## ПИТАЊА И ЗАДАЦИ СА ОДГОВОРИМА И РЕШЕЊИМА

1. Какав је облик путање тела које се креће по инерцији? Којом брзином се креће то тело?

**Одговор:**

Путања тела које се креће по инерцији је ћртава линија. Брзина тела је стапала.

2. Приликом трчања дечак се саплете и пада: напред или назад?

**Одговор:**

Дечак пада најпре услед инерције, јер настоји да задржи смер брзине (кремпања).

3. Шта се дешава са телом на које делује друго тело одређеном силом?

**Одговор:**

Тело се деформише: мења облик и димензије (погодије еластичне ојрује о коју се закачи тело) или мења брзину (добија убрзање) као, нпр., аутомобил при покретању (на који делује вуча сила мотора).

4. Да ли је сила еластичности опруге издужене за 2 см једнака сили еластичности исте такве опруге сабијене за 2 см?

**Одговор:**

У оба случаја силе еластичности ојрује имају једнаке интензитет и исте ћртавице, али су разлике смерове.

5. Помоћу усмерене дужи приказати силу интензитета од 5 N.

Прво треба одредити размеру, нпр. тачку да 1 см дужине одговара интензитету силе од 1 N. Значи, сили интензитета од 5 N одговара дуж од 5 см. Пошто најдужа тачка силе, њен ћртавац и смер нису у ћеставцији утврђени, узимају се произволно (слика).



**6.** На слици су приказане силе чији су интензитети  $F_1$  и  $F_2$ . Једном подељку на свакој дужи одговара иста вредност силе од 1 N.

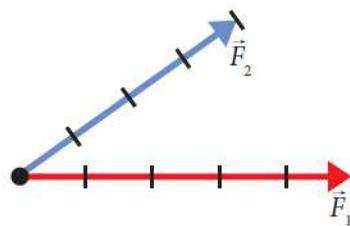
a) Колики су интензитети сила  $F_1$  и  $F_2$ ?

б) По чему се разликују дате сile?

**Одговор:**

Пог а) Интензитети сила су  $F_1 = 5$  N и  $F_2 = 4$  N.

б) Сile се разликују по интензитету, правцу и смеру.



**7.** Који основни елементи одређују брзину и убрзање као физичке величине?

**Одговор:**

Брзина и убрзање сагађују у прву физичких величина које, поред одговарајућег интензитета (бројне вредности и мере јединице), одређују правац и смер.

**8.** Интензитет убрзања тела је:

а) промена интензитета брзине у јединици времена;

б) пређени пут у јединици времена;

в) време које протекне док тело пређе пут од једног метра у секунди;

г) не знам.

**Одговор:** Пог а).

**9.** Одредити интензитет сile којом дете делује на аутомобилчић – играчку масе 0,05 kg ако се играчка креће равномерно убрзано праволинијски убрзањем  $0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

**Одговор:**

Интензитет сile којом дејије делује на аутомобилчић израчунава се на основу Другог Њутновог закона:

$$F = ma = 0,05 \text{ kg} \cdot 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0,01 \text{ N} = 10 \text{ mN}.$$

**10.** Моделар – конструктор ракете која је постигла убрзање  $50 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  победио је на такмичењу авиоракетних моделара. Колика је маса ракете ако њен мотор има вучну силу интензитета 10 N?

**Подаци:**  $a = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $F = 10 \text{ N}$ ;  $m = ?$

Према Другом Њутновом закону:  $F = ma$ ,

односно:  $m = \frac{F}{a} = \frac{10 \text{ N}}{50 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,2 \text{ kg} = 200 \text{ g}$

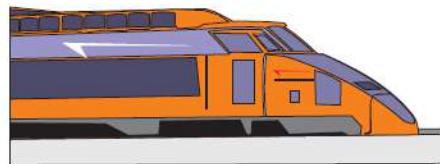
**11.** Одредити интензитет вучне сile локомотиве мase 15 t, ако она вуче теретни вагон мase 5 t. Убрзање воза је  $1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

**Подаци:**  $m_\ell = 15 \text{ t}$ ,  $m_v = 5 \text{ t}$ ,  $a = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $F = ?$

Укупна маса воза је  $m = m_\ell + m_v = 20 \text{ t}$ .

Интензитет вучне сile локомотиве износи:

$$F = ma = 20000 \text{ kg} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 20 \text{ kN}.$$



**12.** Камион мase 2 t полази из стања мiroвања и у току 10 s достиже брзину  $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Колики је интензитет вучне сile мотора ако се возило кретало равномерно убрзано праволинијски?

**Подаци:**  $m = 2 \text{ t}$ ,  $v = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $v_0 = 0$ ,  $t = 10 \text{ s}$ ;  $F = ?$

Из израза за интензитет брзине равномерно убрзаног кретања без почетне брзине  $v = at$ , добија се вредност убрзана:

$$a = \frac{v}{t} = \frac{20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{10 \text{ s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

а интензитет вучне сile мотора

$$F = ma = 2000 \text{ kg} \cdot 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 4000 \text{ N} = 4 \text{ kN}.$$

**13.** Навести пример који доказује да брзина, убрзање и облик путање тела зависе од избора референтног система.

**Одговор:**

Облик путање, брзина и убрзање имају релативни карактер. То значи, да зависе од избора референтног система. На пример, облик путање, брзина и убрзање тела исти су исти из воза у кретању или авиона у лету нису исти за посматрача са земље и постника у том возу (авиону).

**14.** Како се могу поделити механичка кретања?

**Одговор:**

Зависно од облика путање механичка кретања могу бити праволинијска и криволинијска. У односу на то да ли се брзина тела у току кретања мења или остаје стална, кретања могу бити променљива и непроменљива. Када су промене брзине равномерне у току времена, онда је то равномерно променљиво кретање. Најједноставнији облици равномерно променљивог кретања су равномерно убрзано праволинијско кретање и равномерно спуштање.

нијско крећање (брзина се равномерно увећава у току времена – стапално убрзање) и равномерно усвојено јраволинијско крећање (брзина се равномерно смањује у току крећања).

**15.** Да ли се мења тренутна брзина код равномерно праволинијског кретања?

**Одговор:**

Тренутна брзина тела при равномерно јраволинијском крећању се не мења, осимаје стапална; не мењају се ни њен интензитет, ни јравац, ни смер.

**16.** Да ли средња вредност брзине има правац и смер?

**Одговор:**

Средња вредност брзине је поштуно одређена бројном вредношћу и мерном јединицом; нема ни јравац, ни смер.

**17.** Постоји ли равномерно успорено кретање без почетне брзине?

**Одговор:**

Равномерно успорено крећање је увек са почетном брзином (њена вредност не може бити једнака нули).

**18.** У каквом односу су смерови брзине и убрзања код равномерно успореног праволинијског кретања?

**Одговор:**

Смерови брзине и убрзања тела при равномерно успореном јраволинијском крећању су супротно оријенисани.

**19.** Како се креће тело чија је средња вредност брзине у сваком тренутку једнака интензитету тренутне брзине?

**Одговор:**

Тело се креће равномерно јраволинијски.

**20.** По чему се разликују равномерно убрзано праволинијско и равномерно успорено праволинијско кретање?

**Одговор:**

Код равномерно убрзаној јраволинијској крећању вредност брзине се увећава за једнаке вредности за исте интервале времена, а при равномерно успореном јраволинијском крећању се смањује за исте вредности у једнаким интервалима времена.

**21.** Испишите законе равномерно убрзаног и равномерно успореног праволинијског кретања.

**Одговор:**

Равномерно убрзано јраволинијско крећање:

$$v = v_0 + at, v_s = v_0 + \frac{1}{2}at, s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \quad (\text{са почетном брзином}, v_0 \neq 0)$$

$$v = at, v_s = \frac{1}{2}at, s = \frac{1}{2}at^2 \quad (\text{без јочејине брзине}, v_0 = 0)$$

Равномерно усисорено јраволинијско крећање:

$$v = v_0 - at, v_s = v_0 - \frac{1}{2}at, s = v_0 t - \frac{1}{2}at^2.$$

Зауставно време и зауставни пут: из израза  $v = 0 = v_0 - at_z$ , налази се зауставно време

$$t_z = \frac{v_0}{a} \text{ и заменом у израз за пут, добија се: } s_z = v_0 \cdot \frac{v_0}{a} - \frac{1}{2}a \cdot \frac{v_0^2}{a^2} = \frac{v_0^2}{2a}.$$

$$\text{Или, преко средње вредности брзине: } s_z = v_s \cdot t_z = \frac{v_0}{2} \cdot \frac{v_0}{a} = \frac{v_0^2}{2a}.$$

22. Аутобус на релацији Београд – Ниш растојање од 240 km пређе за 4 h (укључујући и време заустављања на успутним станицама). Колика је средња вредност брзине аутобуса на том путу?

**Подаци:**  $s = 240 \text{ km}$ ,  $t = 4 \text{ h}$ ;  $v_s = ?$

$$v_s = \frac{s}{t} = \frac{240 \text{ km}}{4 \text{ h}} = 60 \frac{\text{km}}{\text{h}}.$$

23. Бициклиста при брзини од  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ , почиње да се креће равномерно убрзано са убрзањем  $3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . Колики пут ће бициклиста прећи за 8 s?

**Подаци:**  $v_0 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $a = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $t = 8 \text{ s}$ ;  $s = ?$

Пут који тело пређе при равномерно убрзаном јраволинијском крећању са јочејином брзином израчунава се по формулама:

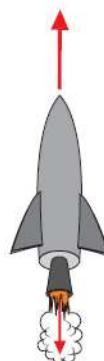
$$s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 = 112 \text{ m.}$$

Може се решити и на следећи начин:

$$v = v_0 + at = 26 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \text{ па је } s = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t = 112 \text{ m.}$$

24. Ракета из стања мировања стартује са убрзањем  $50 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . После колико времена од почетка кретања она достиже брзину од  $100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ ?

Подаци:  $a = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $v = 100 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{100 \cdot 10^3}{3600} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 27,78 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ;  $t = ?$



Из израза за брзину тела при равномерно убрзаном кретању без ионе брзине:

$$v = at,$$

имамо,  $t = \frac{v}{a} = \frac{27,78 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{50 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,56 \text{ s}$

25. Да би авион узлетео са писте треба да постигне брзину од  $360 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Дужина писте је 2 km. Одредити минимално убрзање авиона које му омогућава полетање.

Подаци:  $v = 360 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ ,  $s = 2 \text{ km}$ ;  $a = ?$

Авион се покреће из стања мировања ( $v_0 = 0$ ) и на крају писте (пушта) треба да има брзину  $360 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Веза између брзине на крају пушта (писте) и дужине писте (крајња брзина) је:

$$v^2 = 2as.$$

До овог израза се долази са комбинацијом израза:

$$v = at \quad \text{и} \quad s = \frac{1}{2}at^2.$$



Из прве формуле  $t = \frac{v}{a}$  и заменом у израз за пушту:  $s = \frac{1}{2}a \cdot \frac{v^2}{a^2}$ , налази се  $v^2 = 2as$ .

Одавде је:  $a = \frac{v^2}{2s} = 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

**26.** Бициклиста започиње кретање из стања мировања и креће се равномерно убрзано праволинијски. Одредити убрзање тела ако 5 s после почетка кретања његова брзина износи  $5,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

**Подаци:**  $v_0 = 0$ ,  $t = 5 \text{ s}$ ,  $v = 5,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ;  $a = ?$

$$v = at, \text{ огњесно } a = \frac{v}{t} = \frac{5,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5 \text{ s}} = 1,1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$



**27.** Ракета полеће вертикално навише са лансирне рампе и креће се равномерно убрзано. Ако се ракета 4 s после почетка кретања налази на висини 180 m, одредити убрзање ракете и њену брзину у том тренутку.

**Подаци:**  $t = 4 \text{ s}$ ,  $s = 180 \text{ m}$ ;  $a = ?$   $v = ?$

Из формулe за пређени пут код равномерно убрзаној праволинијској кретању без почетне брзине ( $v_0 = 0$ )

$$s = \frac{1}{2} at^2, \quad a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \cdot 180 \text{ m}}{16 \text{ s}^2} = 22,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

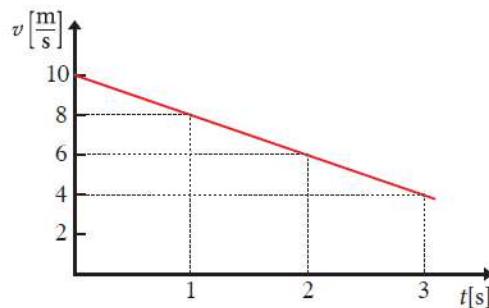
налази се убрзање ракете:

Брзина ракете је:  $v = at = 22,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 4 \text{ s} = 90 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

**28.** На основу података датих у табели нацртати график зависности брзине тела од времена.

На хоризонтијалну бројну осу наносе се вредности времена, а на вертикалну интензитет брзине. Затим се из тачака којима су означене вредности времена и брзине повуку вертикалне и хоризонтијалне линије. Кроз њихове пресечне тачке повлачи се график брзине у зависности од времена, што је показано на слици.

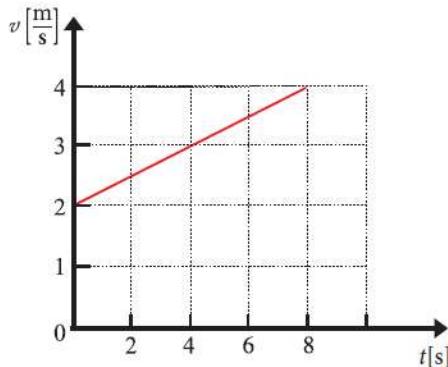
$t [\text{s}]$	0	1	2	3
$v [\text{m/s}]$	10	8	6	4



**29.** Колико је убрзање тела којем одговара графикон зависности од времена, приказан на слици.

Користећи податке на основу којих је нацртан графикон на слици, добија се:

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{4 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{8\text{s}} = 0,25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

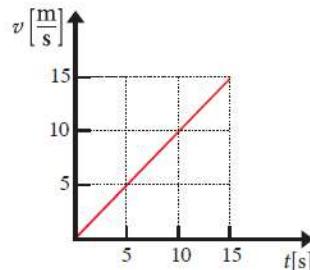


**30.** На слици је приказан графикон зависности брзине мотоциклисте од времена. Одредите убрзање мотоциклисте и пут који пређе првих 5 s кретања.

Подаци:  $t = 5 \text{ s}$ ,  $a = ? \text{ s}^{-2}$

Убрзање мотоциклисте је:

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0} = \frac{5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5 \text{s}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

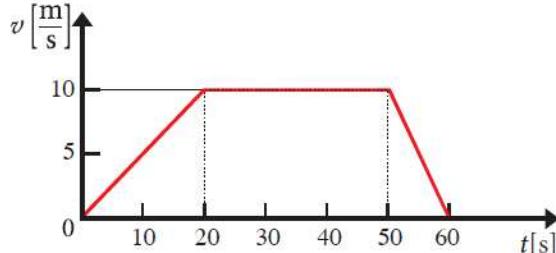


Пређени пут мотоциклисте, износи:

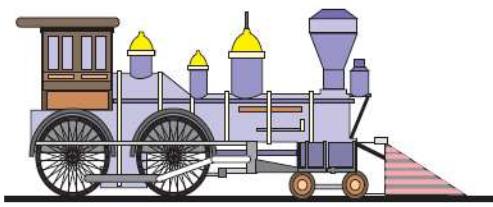
$$s = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 25 \text{s}^2 = 12,5 \text{ m}.$$

**31.** Објаснити како се креће тело ако се његова брзина мења по графикону на слици.

Првих 20 s једнако убрзано (убрзање  $a = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ). У 20-твој секунди тело доспеваје брзину  $v = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . После 20-те секунде тело се креће равномерно праволинијски стапном брзином  $v = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Након 50-те секунде тело се креће равномерно уситрено до 60-те секунде, када се тело зауставља ( $v = 0$ ). У току једнако уситреној крећања тело је имало убрзање са неизвестним предзанком  $a = -1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .



**32.** При брзини воза  $v = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  машиновођа опажа одваљену стену на прузи на удаљености 450 m. При кочењу које је трајало 40 s воз се зауставио. Колики је зауставни пут воза и на ком растојању од стene се воз зауставио?



**Подаци:**  $v_0 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $\ell = 450 \text{ m}$ ,  $t = 40 \text{ s}$ ,  $s = ?$ ,  $d = ?$

При равномерно усјореном кретању брзина је:  $v = v_0 - at$ . У тренућку заустављања  $v = 0$ , па је  $a = \frac{v_0}{t} = \frac{20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{40 \text{ s}} = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

Пређени пут:  $s = v_0 t - \frac{1}{2} at^2$ .

После замене датих података и израчунавање вредности за убрзање, имамо:  
 $s = 400 \text{ m}$ .

Воз се зауставио на удаљености од стene:

$$d = \ell - s = 450 \text{ m} - 400 \text{ m} = 50 \text{ m}.$$

33. На слици под а) је график брзине тела које се креће равномерно променљиво праволинијски.

- а) Којем кретању одговара тај график брзине?
- б) Да ли то кретање има почетну брзину?
- в) Колика је брзина тела  $1,5 \text{ s}$  после почетка кретања?
- г) Шта се дешава у тренутку  $t = 2 \text{ s}$  после почетка кретања?
- д) Нацртати график убрзања тела при датом кретању.

**Решење:**

а) График брзине на слици одговара једнако усјореном праволинијском кретању.

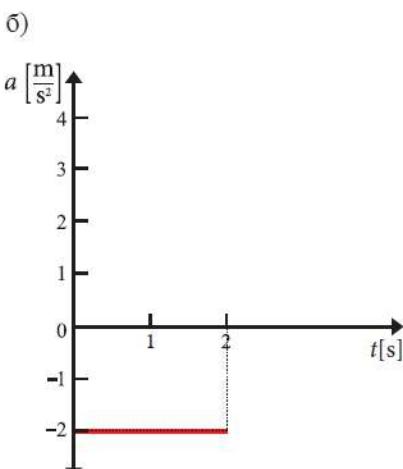
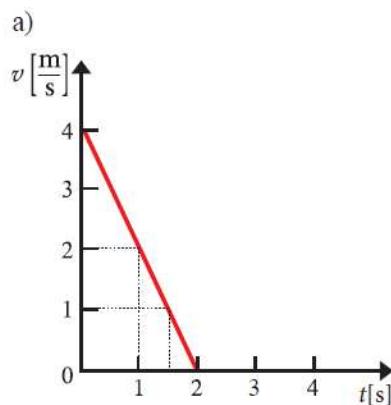
б) Кретање има почетну брзину и она износи

$$v_0 = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

в) Брзина тела  $1,5 \text{ s}$  после почетка кретања тела је  $v = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

г) У тренућку  $t = 2 \text{ s}$ , тело се зауставља ( $v = 0$ ).

д) График убрзања тела приказан је на слици под б).



**34.** Шта се може казати о кретањима тела чији су графици пута у зависности од времена приказани на сликама под а) и под б)?

**Одговор:**

Крећање оба тела се сасвимо из тирија. Почињу да се крећу из стања мирувања (без почетне брзине,  $v_0 = 0$ ) равномерно убрзано са једнаким вредностима убрзања.

До вредности таој убрзања долази се из израза за јутиј код равномерно убрзаног крећања:  $s = \frac{1}{2} at^2$ ,

$$\text{односно } a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \cdot 2 \text{ km}}{10^2 \text{ min}^2} = 0,01 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

$$\text{односно } a = \frac{2s}{t^2} = \frac{2 \cdot 2 \text{ km}}{10^2 \text{ min}^2} = 0,01 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Og 10-твој до 30-твој минућа тело се крећу равномерно праволинијски стапалном брзином:  $v = at = 0,4 \frac{\text{km}}{\text{min}} = 6,67 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Og 30-твој минућа до 50-твој минућа прво тело се креће равномерно усјорено, а друго тело равномерно убрзано (убрзања тела имају једнаке вредности али са супротним предзнацима).

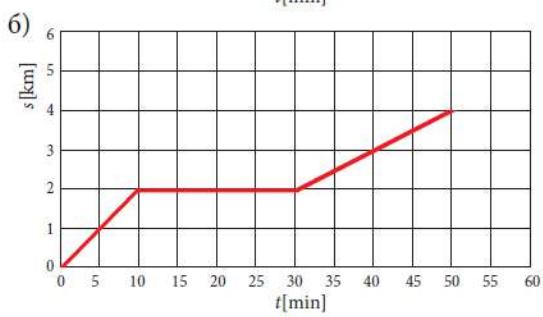
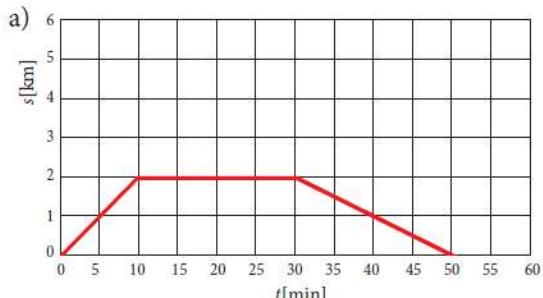
**35.** У тренутку када је аутомобил почeo да се крећe, поред њега је прошао камион. Аутомобил је кренуо из стања мирувања и крећe сe равномерно убрзано  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ , док сe камион крећe равномерно праволинијски брзином  $72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Одредити време када ћe аутомобил сустићи камион.

**Подаци:**  $v_0 = 0$ ,  $a = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $v = \frac{72 \cdot 1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ;  $t = ?$

Аутомобил сустиже камион у тренутку када се изједначе јутијеви којe прелазе возила тиј.  $s_1 = s_2$ ,

$$v \cdot t = \frac{1}{2} at^2, t = \frac{2v}{a} = 20 \text{ s}$$

**36.** Тркачки аутомобил крећe сe равномерно убрзано са убрзањем  $7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . Ако јe аутомобилиста кренуо из стања мирувања, одредите његову брзину  $3 \text{ s}$  после почетка кретања и пут који је пређен за то време.



**Подаци:**  $a = 7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $v_0 = 0$ ,  $t = 3 \text{ s}$ ;  $v = ?$  и  $s = ?$

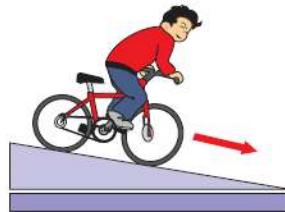
Брзина түркакчоі аутоомобиля тири секунде након сиаріха, износи:

$$v = at = 7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 3 \text{ s} = 21 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Пређени йуїй йосле тири секунде:

$$s = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \cdot 7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 9 \text{ s}^2 = 31,5 \text{ m}.$$

37. Дечак вози бицикл низ стрму улицу. Колики пут бициклиста пређе за 20 s, ако је његова брзина на крају 20-те секунде  $12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ? Бициклиста се кретао равномерно убрзано почетном брзином  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .



**Подаци:**  $t = 20 \text{ s}$ ,  $v = 12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $v_0 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ;  $s = ?$

Бициклиста се крећао равномерно убрзано, па је његова брзина:  $v = v_0 + at$ .

$$\text{Одавде је убрзање бициклисте: } a = \frac{v - v_0}{t} = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Бициклиста за 20 s пређе йуїй:

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 20 \text{ s} + \frac{1}{2} \cdot 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 400 \text{ s}^2$$

$$s = 140 \text{ m}.$$

Заданик се може решити и једноспавније ако се користи веза йуїја, средње вредности брзине и времена:

$$s = v_s \cdot t = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t = 140 \text{ m}.$$

38. По Првом Њутновом закону тело не може променити брзину спонтано, „само од себе“. Које то друго тело делује нпр. на човека када он убрзава или успорава кретање при ходању или трчању?

**Одговор:**

При убрзашу или успоравашу кретања на човека делује и подлога по којој се креће. Подлога делује и када човек стоји на њој, али на други начин.

39. Објаснити кретање аутомобила са искљученим мотором.

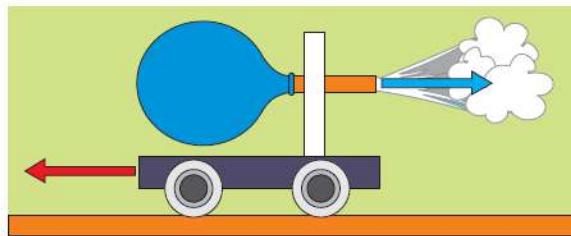
**Одговор:**

Аутоомобил са искљученим мотором не креће се по инерцији. Аутоомобил се тага креће успорено (услед сile трења), а кретање по инерцији је равномерно.

**40.** Под којим условом може се рећи да једно тело делује на друго тело?

У реалном свету постоји само међусобно (узјамно) деловање тела. Када се ефекти међусобног деловања знашто мање овлаштају код једног у односу на ефекти код другог тела, тада се може говорити да само једно тело делује на друго тело (одређеном силом).

**41.** На лака и врло покретна колица учвршћен је напуњени гасом зачепљени балон (слика). Колица са балоном су у стању мiroвања. Када се одчепи балон, сабијени гас нагло истиче. Шта ће се дешавати са колицима?



Колица ће се крећати у супротном смеру од смера исхлађивања гаса.

**42.** На оптерећена колица масе 100 kg делује сила интензитета од 50 N дуж хоризонталне подлоге у току 10 s. Колику вредност брзине достигну колица и колики пут пређу за то време? Сматрати да колица почињу кретање из стања мiroвања.

**Подаци:**  $m = 100 \text{ kg}$ ,  $F = 50 \text{ N}$ ,  $t = 10 \text{ s}$ ;  $v = ?$ ,  $s = ?$

Убрзање колица је:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{50 \text{ N}}{100 \text{ kg}} = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{ а брзина колица, износи:}$$

$$v = at = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 10 \text{ s} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$\text{Пређени пут колица: } s = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 100 \text{ s}^2 = 25 \text{ m.}$$

**43.** Дечак масе 40 kg и санке масе 10 kg налазе се на леденој хоризонталној површини на међусобном растојању 20 m у стању мiroвања. Дечак почне да вуче коно пац који је везан за санке, делујући на њих силом интензитета 5 N. Нaђи убрзање санки и убрзање дечака.

**Подаци:**  $m_d = 40 \text{ kg}$ ,  $m_s = 10 \text{ kg}$ ,  $d = 20 \text{ m}$ ,  $F_1 = 5 \text{ N}$ ;  $a_s = ?$ ,  $a_d = ?$

Интензитет сile којом санке делују на дечака према Трећем Њутновом закону, износи:

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

$$\text{Убрзање санки је: } a_s = \frac{F_2}{m_s} = \frac{5 \text{ N}}{10 \text{ kg}} = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$a \text{ убрзање дечака: } a_d = \frac{F_1}{m_d} = \frac{5 \text{ N}}{40 \text{ kg}} = 0,125 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

**44.** Приказати Њутнове законе механичког кретања у скаларном (најједноставнијем) облику.

*Први Њутнов закон:  $v = \text{const}$  или  $v = 0; F = 0$*

*Други Њутнов закон:  $F = ma$*

*Трећи Њутнов закон:  $F_a = F_r$ .*

## ТЕСТ ЗНАЊА

**1.** Сила је физичка величина потпуно одређена:

- а) интензитетом и правцем;
- б) интензитетом и смером;
- в) правцем и смером;
- г) интензитетом, правцем, смером и нападном тачком;
- д) не знам.

Број поена 5

**2.** Како маса тела зависи од убрзања и обратно, убрзање тела од његове масе?

Број поена 5

**3.** Дечак гура колица по глатком поду хале делујући сталном силом интензитета  $100 \text{ N}$  (слика). Убрзање колица износи  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . Одредити масу колица са теретом.



Број поена 5

**4.** Дуж залеђене површине дечак вуче санке на којима седи његова сестра (слика). Одредити масу девојице ако је интензитет сile којом дечак делује на санке  $50 \text{ N}$ . Маса санки је  $10 \text{ kg}$  и оне се крећу равномерно убрзано праволинијским убрзањем  $1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .



Број поена 5

5. Да ли се правци и смерови брзине и убрзања увек поклапају код праволинијског кретања?

Број поена 5

6. Бициклиста равномерно увећава брзину од  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  до  $8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  у току 6 s. Одредити убрзање бициклисте и пређени пут у току 6 s кретања.

Број поена 5

7. Мотоциклиста се креће равномерно убрзано праволинијски тако да за првих 15 s достиже брзину од  $15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Одредити убрзање мотоциклисте и пут који пређе током првих 5 s кретања.

Број поена 5

8. Аутомобил се покреће из стања мировања. Током првих 3 min креће се равномерно убрзано праволинијски убрзањем  $0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ , затим одржава сталну брзину следећих 10 min, и коначно се зауставља на крају наредна 3 min крећући се равномерно успорено. Колики пут пређе аутомобил током кретања? Израчунати средњу вредност брзине кретања возила.

Број поена 10

9. Возач камиона је угледао краву на путу на растојању 120 m од свог возила. У том тренутку је притиснуо кочницу и почeo да се крећe равномерно успорено са убрзањем  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . Брзина камиона у почетку кочења била је  $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Одредити време које је протекло од тренутка када је возач угледао краву до заустављања возила. Колико је било растојање од краве до возила када се зауставило, ако се при томе крава није померала са места?

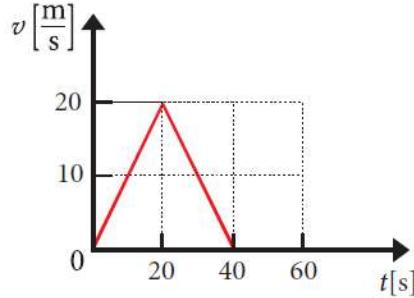
Број поена 5

10. Аутомобил полази из стања мировања и после 5 s достиже брзину од  $30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Израчунати убрзање и пређени пут по истеку 5 s, ако се аутомобил кретао равномерно убрзано.

Број поена 5

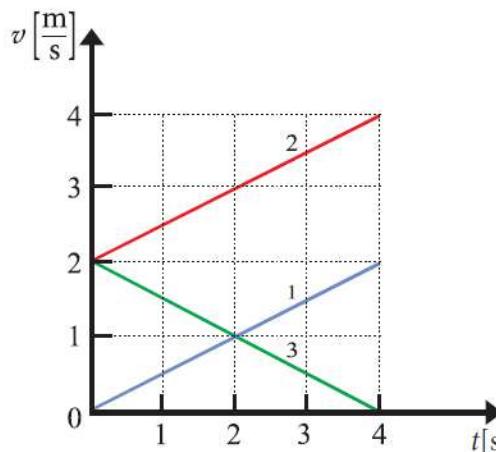
11. На слици је приказан график зависности брзине бициклисте од времена. Колика је његова максимална брзина?

Колико је убрзање бициклисте током првих 20 s кретања? Колики пут пређе бициклиста за 40 s? Насртати график зависности убрзања бициклисте од времена.



Број поена 5

12. На слици приказани су графици зависности брзине од времена код три тела. По чому се кретања тих тела разликују, а које се њихове карактеристике поклапају?



Број поена 5

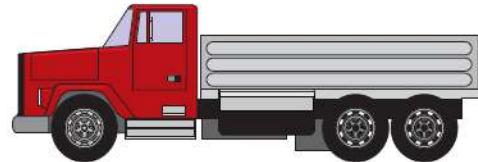
13. Тело масе  $9 \text{ kg}$  креће се брзином  $v_0 = 40 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Нађи интензитет силе којом треба деловати на то тело да би се зауставило на путу  $15 \text{ m}$ .

Број поена 10

14. Под дејством силе интензитета  $4 \text{ N}$  тело пређе пут  $40 \text{ m}$  за  $10 \text{ s}$ . Почетна брзина тела је нула ( $v_0 = 0$ ). Израчунати масу тела.

Број поена 5

15. Камион масе  $2,5 \text{ t}$  почиње кретање с убрзањем које у току  $30 \text{ s}$  остаје непромењено (слика). За то време камион је прешао пут од  $450 \text{ m}$ . Одредити интензитет вучне силе мотора.



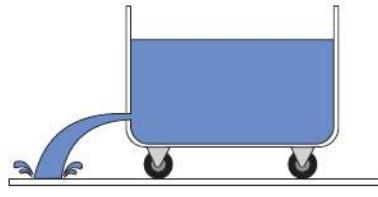
Број поена 5

16. Две девојчице, чије су масе  $40 \text{ kg}$  и  $50 \text{ kg}$  стоје на клизаљкама на леду (слика). Прва девојчица се отискује од друге девојчице силом интензитета  $10 \text{ N}$ . Одредити убрзања девојчица.



Број поена 5

17. На лако покретљивим колицима је суд са водом. Шта ће се десити када вода почне да истиче кроз отвор на једној страни суда (слика)? Објасните.



Број поена 5

18. Да ли се сила акције и сила реакције могу међусобно поништити?

Број поена 5

## КРЕТАЊЕ ТЕЛА ПОД ДЕЈСТВОМ ЗЕМЉИНЕ ТЕЖЕ. СИЛА ТРЕЊА

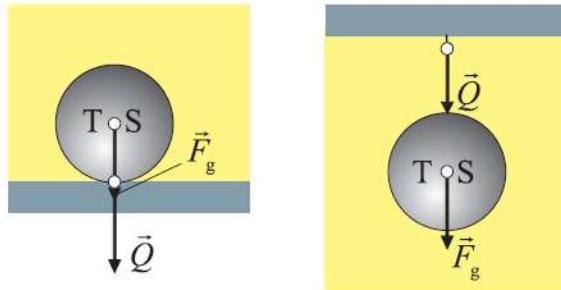
У простору око сваког тела, па и око Земље постоји **гравитационо поље**. Постоји поље које делује на свако тело у околном простору. Постоји поље које делује на свако тело у околном простору. Постоји поље које делује на свако тело у околном простору. Постоји поље које делује на свако тело у околном простору.

Земљина привлачна сила назива се **Земљина тежа** (**Земљина гравитациона сила**). Услед Земљине теже сва тела, ако у томе нису спречена, падају на њену површину (слободни пад). Земљина тежа условљава и **тежину тела**. Сила којом тело, услед Земљине теже, делује на хоризонталну непокретну подлогу или истеже металну опругу, затеже конац (уже) о који је обешено, назива се **тежина тела**.

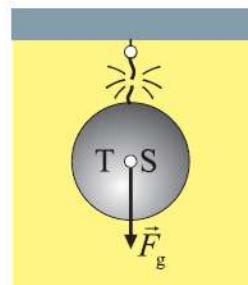
Треба разликовати **Земљину тежу** и **тежину тела**. Земљина тежа и тежина тела односе се као узрок и последица. Земљина тежа условљава (узрокује) тежину тела (последицу). Тежина тела је сила којом тело, зато што га привлачи Земља, делује на свој ослонца (подлогу) или тачку вешања.

Земљина тежа  $\vec{F}_g$  и тежина тела  $\vec{Q}$  имају једнаке интензитетете ( $F_g = Q$ ), правца и смера само на површини Земље, уз претпоставку да је тело у стању мирује или да се креће равномерно праволинијски ( $v = \text{const}$ ). Али, ни тада Земљина тежа и тежина тела немају исту нападну тачку. Нападна тачка Земљине теже налази се у телу и то у тачки која се назива тежиште (T); код хомогене кугле у средишту (S), а тежина тела делује у тачки ослонца или вешања (сл. 2.1).

Ако се прекине конац (уже) о коме виси тело (сл. 2.2), Земљина гравитациона сила и даље делује на тело и оно пада на Земљу, али тежина тела је једнака нули ( $Q = 0$ ); тело више не делује у тачки ослонца (вешања). Дакле, **у току слободног падања тело нема тежину** (о томе ћemo детаљније говорити).



Сл. 2.1. Земљина тежа и тежина тела имају различите најадне тачке



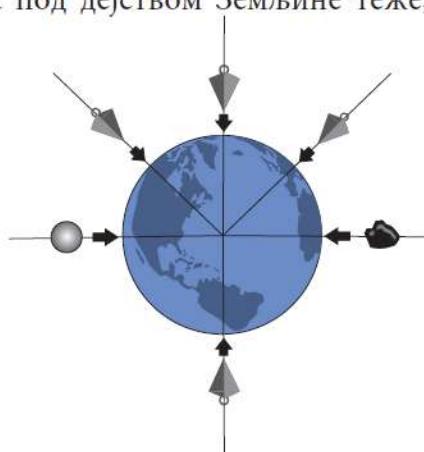
Сл. 2.2. У току слободног падања тело нема тежину

## КРЕТАЊЕ ТЕЛА ПОД УТИЦАЈЕМ ЗЕМЉИНЕ ТЕЖЕ

Кретање тела у Земљином гравитационом пољу у природним условима је веома сложено. Стога ћемо размотрити само кретање тела по правој линији (слободно падање, хитац навише и хитац наниже). Кретање тела по кривој линији: хоризонтални и коси хитац као и кружно кретање (сателити) проучава се у средњој школи.

У циљу једноставнијег описивања кретања тела под дејством Земљине теже, учинићемо и додатне претпоставке. Занемарују се отпор ваздуха и гравитационо деловање других небеских тела. Претпоставља се да Земља има приближно облик кугле и да је хомогеног састава. Земљина гравитациона сила (Земљина тежа) има правац Земљиног полупречника и усмерена је ка њеном центру (сл. 2.3).

При описивању кретања тела под утицајем Земљине теже, обично се узима да тело прелази релативно мале висинске разлике изнад Земљине површине. Под таквим условом може се сматрати да Земљина тежа, односно њено убрзање приближно имају непромењене (сталне) вредности. Промене вредности Земљине теже и њеног убрзања до неколико стотина километара могу се регистровати само прецизним уређајима и зато се те промене обично занемарују.



Сл. 2.3. Земљина гравитациона сила усмерена је ка центру

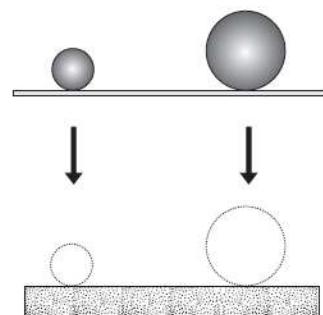
## УБРЗАЊЕ ЗЕМЉИНЕ ТЕЖЕ. ГАЛИЛЕЈЕВ ОГЛЕД

Претпоставимо да се два тела пуштају да слободно падају са исте висине, при чему једно од тих тела има два пута већу масу (сл. 2.4). Који је од три одговора тачан:

- на подлогу пре доспева тело веће масе;
- доспевају истовремено;
- пре доспева тело мање масе?

Било који од три одговора је погрешан, јер поставка задатка није потпуно дефинисана. Нису одређени услови под којима тела слободно падају: у природним условима када треба узети у обзир отпор ваздуха или тела падају у простору у којем ваздуха нема (у вакууму). Ако је реч о реалним (природним) условима, тј. о ваздушној средини онда треба ближе одредити о којим телима је реч, односно каквог су облика и димензија.

Све до 17. века није се детаљније проучавао слободни пад тела у безвоздушном простору (вакууму). За то нису постојале ни могућности јер техника добијања вакуумисаног простора није била развијена. Сматрало се да тежа тела падају „брже“ него лакша тела, тј. да са исте висине доспевају на земљу за краће време, што се и показује у природним условима. Све до 17. века нико није ни помислио да проучава



Сл. 2.4. Два тела слободно падају са исте висине

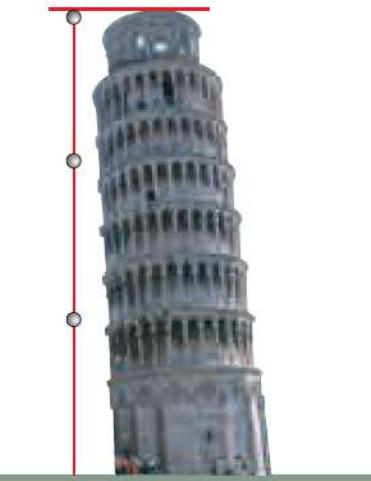
идеализовану ситуацију, као што је нпр. падање тела у вакууму. То су први учинили оснивачи класичне механике италијански физичар Галилео Галилеј (Galilei Galileo, 1564–1642) и енглески научник Исак Њутн (Newton Sir Isaac, 1642–1727).

Галилео Галилеј пуштао је куглице различитих маса (од злата, бакра, олова и др.) да падају са косог торња у италијанском граду Пизи (сл. 2.5). На основу мерења пређеног пута и протеклог времена он је одредио брзину кретања појединих куглица. На тај начин је установио да се брзина равномерно повећава, што значи да убрзање тела при слободном паду има сталну вредност. Пошто су времена падања за све куглице била једнака, он је закључио да куглице добијају једнака убрзања услед Земљине теже, без обзира на њихову масу. Занимљиво је да је временске интервале Галилеј мерио помоћу откуцаја (свога) срца. (Први часовник на принципу клатна начинио је Хајгенс 1656. године, 14 година после Галилејеве смрти.) Али то, Галилеја није омешао да на бази резултата огледа закључи да је слободни пад тела у безвоздушном простору равномерно убрзано праволинијско кретање (стално убрзање).

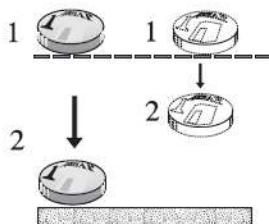
Многи огледи потврђују Галилејев закључак. Описаћемо један од тих огледа који можете и сами извести. Папир се исече кружно тако да у потпуности покрива површину металног новчића. Прво пустимо да новчић и тако исечен папир (папирни диск) падају један поред другог. Добија се очекивани резултат – новчић пада на земљу пре папира највећим делом услед различитог утицаја отпора ваздуха на кретање ових тела (сл. 2.6).

У другом случају папираћ ставимо на новчић и пустимо их да заједно падају, али тако да се при падању не обрћу. Тада новчић и папираћ доспевају на земљу истовремено (сл. 2.7).

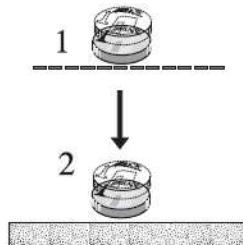
Објашњење је једноставно. Када се папираћ постави на новчић, тада на папирни диск не делује отпор ваздуха, јер се он налази у „заветрини“ металног новчића. Новчић омогућује папираћу „слободан“ пролазак кроз ваздух. Одавде, није тешко предвидети да би оба тела у вакууму при слободном паду са исте висине доспели на подлогу истовремено.



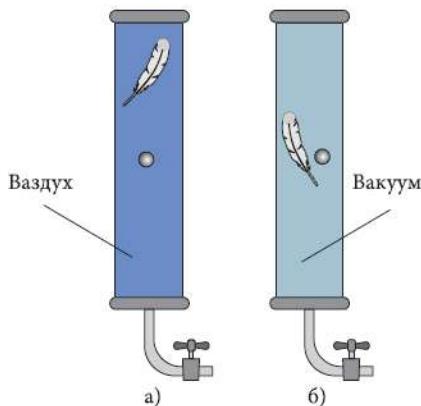
Сл. 2.5. Коси торањ у Пизи



Сл. 2.6.



Сл. 2.7.



Сл. 2.8. Њутнова цев

После Галилеја проучавање слободног пада тела под утицајем Земљине теже наставио је Њутн и то у повољнијим техничким условима. Њутн је имао на распорулагању вакуумску пумпу па је могао да непосредно прати и кретање тела у простору без ваздуха, у тзв. вакуумским цевима. У Њутнову част и данас се школски апарат којим се показује да у вакууму птичје перце и метална куглица падају на исти начин (са исте висине доспевају на дно цеви истовремено), назива **Њутнова цев** (сл. 2.8).

Њутнова цев је стаклени цилиндар са поклопцем који се може затворити, односно отворити вентилом, а такође и прикључити на вакуумску пумпу (сл. 2.8). Слика под а) показује како перце и куглица падају у ваздуху, а под б) у вакууму (у цеви из које је извучен ваздух). Оглед показује да: сва тела независно од масе, облика и димензија испуштена, у вакууму са исте висине, доспевају на дно цеви истовремено. То значи да је њихово кретање истоветно, имају једнаке промене брзине за исте временске интервале, односно исто убрзање.

**У безвоздушном простору (вакууму) сва тела падају истим убрзањем.**

Убрзање Земљине теже (гравитационе силе) означава се са  $g$ . Услед тога што Земља није савршена лопта (на половима спљоштена, а на екватору испупчена), као и нехомогеног састава, убрзање Земљине теже нема исте вредности на свим местима Земљине површине, већ се његова вредност (интензитет) креће од  $9,78 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  до  $9,83 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . На нашој географској ширини од  $45^\circ$ , узима се да износи:

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Ова вредност убрзања Земљине теже обично се узима као средња вредност за целу површину Земље.

Правац и смер убрзања поклапају се са правцем и смером Земљине теже (гравитационе силе).

На основу Другог Њутновог закона интензитет Земљине теже, односно гравитационе силе, изражава се у облику

$$F_g = ma_g = mg.$$

У близини Земљине површине (до неколико стотина километара) обично се узима да убрзање  $g$  (као и Земљина тежа) има сталну вредност ( $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ).

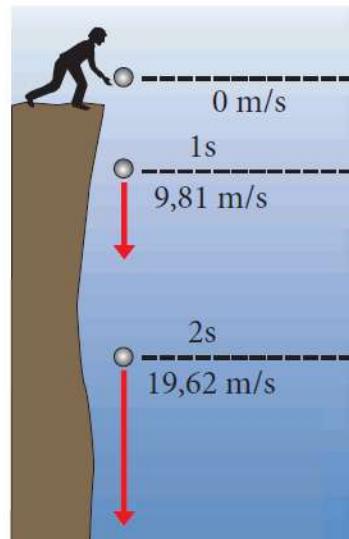
## СЛОБОДНО ПАДАЊЕ ТЕЛА

Тело испуштено с одређене висине, без почетне брзине и пада услед деловања само Земљине теже, зове се **слободни пад** (сл. 2.9). Пошто се сматра да је Земљина тежа стална (константна) и занемарује се отпор ваздуха, кретање је равномерно убрзано праволинијско. Сваке секунде брзина тела се увећава за  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ , што значи да је убрзање стално и износи  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

За такво кретање важе познате формуле за равномерно убрзано праволинијско кретање без почетне брзине ( $v = 0$ ) при чему се, уместо ознаке за убрзање  $a$ , пише  $g$ , а пут (висина) се најчешће обележава са  $h$ :

$$v = gt, v_s = \frac{1}{2}gt, h = \frac{1}{2}gt^2 \text{ и } v_k^2 = 2gh,$$

где је  $v_k$  брзина тела на крају пређене висине  $h$ .



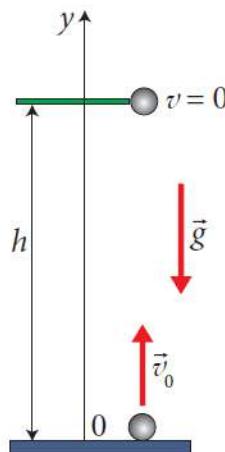
Сл. 2.9. Брзина куће јри слободном паду повећава се за  $9,81 \text{ m/s}$  сваке секунде

## ХИТАЦ НАВИШЕ И ХИТАЦ НАНИЖЕ

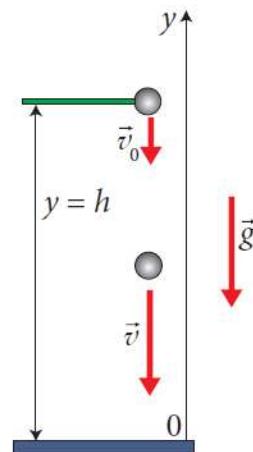
Кретање тела са почетном брзином по вертикалној путањи у пољу Земљине теже је **вертикални хитац**. Зависно од смера почетне брзине може бити **хитац навише** или **хитац наниже**. Узима се да на тело у току кретања делује само Земљина тежа (чија се вредност не мења). Отпор ваздуха се занемарује.

Ако тело добије почетну брзину усмерену вертикално навише, супротно смеру деловања Земљине теже, онда је то **хитац навише** (сл. 2.10). Хитац навише је, dakле, равномерно успорено праволинијско кретање. У случају да тело добија почетну брзину у смеру деловања Земљине теже, реч је о **хитцу наниже** (сл. 2.11). Хитац наниже је, према томе, равномерно убрзано праволинијско кретање.

Зависност међу величинама којима се описује хитац навише и хитац наниже су познате формуле за равномерно успорено и равномерно убрзано праволинијско кретање. При томе се, уместо ознаке за убрзање  $a$ , пише ознака  $g$  (убрзање Земљине теже), а пут се најчешће означава са  $h$  (висина). Формуле величина којима се описују ова два облика кретања приказане су табеларно (табела 2).



Сл. 2.10.  
Вертикални  
хитац навише  
(хитац увис)



Сл. 2.11.  
Вертикални  
хитац наниже

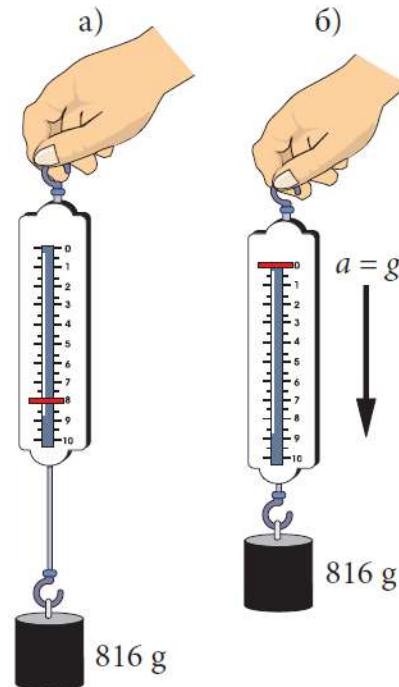
ВЕРТИКАЛНИ ХИТАЦ			
ХИТАЦ НА ВИШЕ		ХИТАЦ НАНИЖЕ	
Величина	Формула	Величина	Формула
Брзина	$v = v_0 - gt$	Брзина	$v = v_0 + gt$
Средња вредност брзине	$v_s = v_0 - \frac{1}{2}gt$	Средња вредност брзине	$v_s = v_0 + \frac{1}{2}gt$
Пут (висина)	$s = h = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$	Пут (висина)	$s = h = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$
Брзина на крају пута (крајња брзина)	$v_k = 0$	Брзина на крају пута (крајња брзина)	$v_k^2 = v_0^2 + 2gh$
Време за које је тело достигло максималну висину	$t = \frac{v_0}{g}$	Време падања тела	зависи од висине $h$

Табела 2

## БЕСТЕЖИНСКО СТАЊЕ

Тело које слободно пада ( $a = g$ ) је у **бестежинском стању**. У том стању сила којом тело делује на подлогу или тачки вешања једнака је нули, тј.  $Q = 0$  (подлога и тачка вешања слободно падају).

Бестежинско стање тела може се демонстрирати једноставним огледом помоћу динамометра (сл. 2.12). О динамометар се обеси тело и прочита његова тежина (слика, а). Изнад казаљке динамометра, која показује тежину тела, стави се парче плуте или стиропора, тако да може да клизи дуж жлеба динамометра са извесним трењем. Рука којом се држи динамометар са тегом нагло се спусти вертикално наниже. Када се рука заустави и погледа скала динамометра, запазиће се да се казаљка динамометра налази на првобитном месту. Међутим, парче плуте неће више бити изнад казаљке већ поред нуле на скали динамометра (сл. 2.12, б). То значи, да је тело при слободном паду „изгубило“ тежину ( $Q = 0$ ) и казаљка је при томе померила парче плуте на скали динамометра на нулу.



Сл. 2.12. Демонстрирање бестежинског стања

У лифту који слободно пада ( $a = g$ ) тела немају тежину; она су у **бестежинском стању**. Човек који се вози у таквом лифту је без тежине ( $Q = 0$ ). Када тај човек испусти књигу, оловку, мобилни телефон или неки други предмет, они ће остати у стању мировања поред њега, неће пасти на под (сл. 2.13).

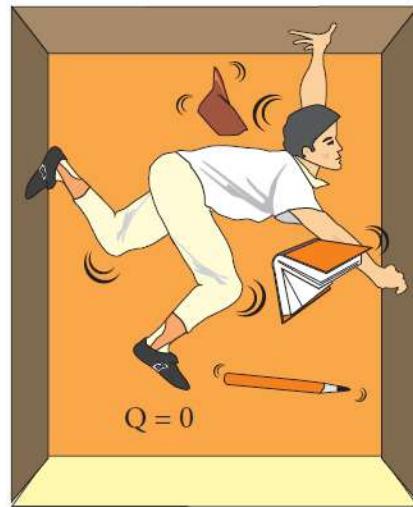
У лифту који слободно пада ( $a = g$ ), слободно падају и сва тела која се у њему налазе. Зато та тела не врше никакав притисак на подлогу нити затежу конач, ужо о која су обешена. Тела, „лебде“ у простору лифта као да су обешена невидљивим нитима и њихова тежина је једнака нули ( $Q = 0$ ).

Физиолошки осећај тежине код човека условљен је истовременим деловањем Земљине теже на све делиће његовог тела и силе реакције подлоге на његове мишиће (табане). Услед тога човекови мишићи су напретнути. При слободном паду или када је човек у сателиту који слободно кружи око Земље, нема силе реакције подлоге (тла) нити напрезања мишића; човек губи осећај тежине и његово тело је у опуштеном стању. Човеков организам је тада у посебном, бестежинском стању.

У бестежинском стању сваки ученик у одећењу могао би да носи на раменима и тону терета и да не осети никакву тежину (наравно, тежина терета измерена је на Земљиној површини).

#### Питање:

Пластична чаша има отвор на дну и напуњена је водом. Шта ће се дешавати са водом у чаши при слободном паду?



Сл. 2.13. Бестежинско стање

## СИЛА ТРЕЊА И СИЛА ОТПОРА СРЕДИНЕ

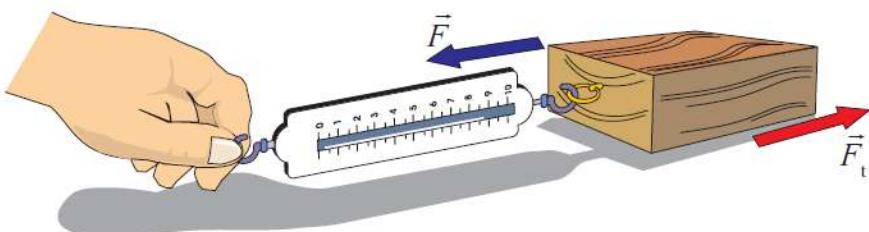
Свако тело које се креће по некој подлози после извесног времена се зауставља ако престане да делује сила која је изазвала кретање. Примери: књига гурнута да клизи по столу, кликер (кугља) који се котрљао по поду, скијаш ако не користи штапове, аутомобил ако се искључи мотор (иако нису употребљене кочнице) итд. Узрок заустављања тела је **сила трења**. Сила трења отежава и покретање тела и не може се избећи у току његовог кретања.

Треба разликовати **трење** и **силу трења**. Трење је појава која се јавља у непосредном контакту тела и омета покретање и померање тела у правцу који лежи у равни додира. Величина која квантитативно одређује (дефинише) испољавање трења је **сила трења**; она је увек усмерена супротно од смера кретања тела.

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

Прво ћемо размотрити трење које се јавља између два чврста тела. Разликују се три облика тог трења: **трење мировања**, **трење клизања** и **трење котрљања**.

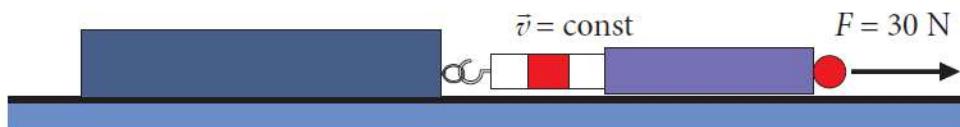
**Трење у стању мировања.** Може се проучити једноставним огледом. На столу се налази тело које је везано за динамометар. Други крај динамометра вуче се паралелно са подлогом. Ако је спољашња сила (у нашем случају сила вуче) једнака нули, сила трења не постоји. Са почетком деловања спољашње силе (силе вуче), појављује се и сила трења, која достиже максималну вредност у тренутку када тело почине померање. Та максимална вредност силе трења је **сила трења мировања** (или **сила статичког трења**). У тренутку почетка померања тела њена вредност се очитава на динамометру (сл. 2.14).



Сл. 2.14. Мерење сile трења мировања и клизања

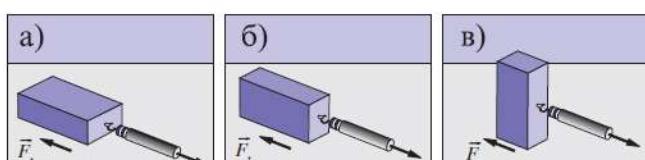
Све док спољашња сила има мању вредност од максималне вредности силе трења мировања, тело се неће покренути. Када се изједначе вредности тих сила тело почине да се креће равномерно праволинијски и сила трења мировања „прелази“ у трење клизања. Показује се да је сила трења клизања нешто мања од максималне вредности силе трења мировања.

**Трење клизања.** Претходни оглед са телом и динамометром (сл. 2.14) може се користити и за мерење **силе трења клизања**. Мерење силе трења клизања своди се на мерење силе вуче при којој се тело креће равномерно праволинијски (стална брзина). У току равномерно праволинијског кретања тела, на динамометру се очитава вредност силе вуче, односно вредност силе трења клизања. На слици 2.15, вредност силе трења клизања је 30 N.



Сл. 2.15. Вредност сile трења клизања је  $F_t = 30 \text{ N}$

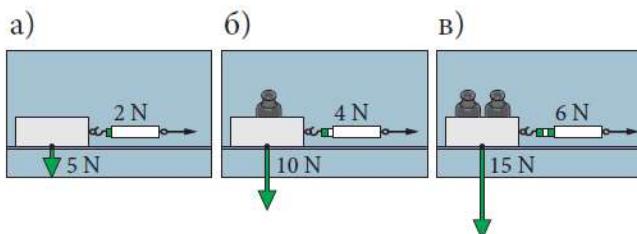
Мерење показује да сила трења клизања датог тела не зависи од величине његове додирне површине и подлоге, што је илустровано на слици 2.16. У сва три случаја додирне површине тела и подлоге су различите, а динамометри показују исту вредност силе трења клизања.



Сл. 2.16. Сила трења клизања не зависи од величине додирне површине тела и подлоге

## Од чега зависи сила трења клизања?

Да бисмо одговорили на постavlјено питање, поново ћемо се позвати на резултат експеримента. На слици 2.17 је приказан оглед којим се утврђује зависност силе трења од тежине тела, односно од силе којом тело нормално делује на хоризонталну подлогу.



Сл. 2.17. Сила тренја клизања зависи од силе којом тело нормално делује на подлогу

Шта се закључује на основу резултата мерења у овом огледу?

Утврђује се да је однос интензитета силе трења клизаша  $F_t$  (који се очитава на динамометру) и интензитета силе којом тело делује нормално на подлогу (тежина тела и тегова) у сва три случаја исти број:

$$\frac{F_t}{F_n} = \frac{2\text{N}}{5\text{N}} = \frac{4\text{N}}{10\text{N}} = \frac{6\text{N}}{15\text{N}} = \dots = 0,4 \mu,$$

односно:  $F_t = \mu F_n$ ,

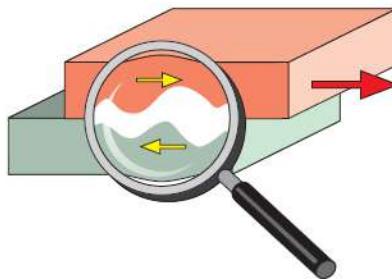
где је  $\mu$  (грчко слово, чита се „ми“) коефицијент трења клизања.

**Интензитет силе трења клизања једнак је производу коефицијента трења и интензитета силе којом тело делује нормално на подлогу; њен правац је у равни додирних површина, а смер супротан смеру кретања тела.**

Коефицијент\* трења ( $\mu$ ) зависи од својства (природе) тела и подлоге као и од степена углачаности њихових додирних површина. Одређује се експериментално и његова вредност је неименован број, мања од јединице ( $\mu < 1$ ).

## Како се објашњава трење?

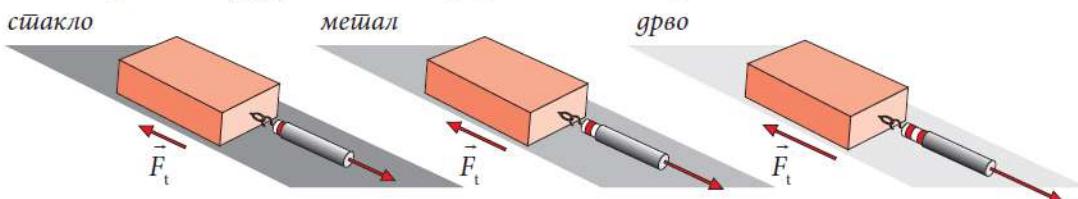
На површини сваког тела у зависности од степена углачаности постоје неравнине: испупчења и изудубљења. Када су два тела у непосредном контакту, онда испупчења једног тела западају у изудубљења другог тела и обратно (сл. 2.18). Неравнине на додирним површинама отежавају покретање и кретање тела. У макроскопским размерама то се испољава као сила трења. Коефицијент трења клизања зависи од тих неравнин на додирним површинама тела. Што је површина храпавија, коефицијент трења има већу вредност, тј. сила трења клизања је већа интензитета.



Сл. 2.18. Испупчења и изудубљења на додирним површинама тела

\* Коефицијен(а)т је фактор, чинилац сталне вредности којим се множи нека величина; везује се за одређено свойство или појаву нпр. трење, еластичност тела итд.

На слици 2.19 је приказано тело у облику квадра које се вуче по хоризонталним подлогама од различитих материјала: стакла, метала и дрвета. Различита издужења динамометра показују различите вредности силе трења клизања.



Сл. 2.19. Квадар истих димензија вуче се по хоризонталним подлогама од различитих материјала

**Сила трења клизања зависи од природе тела која се додирују (од молекулске структуре).**

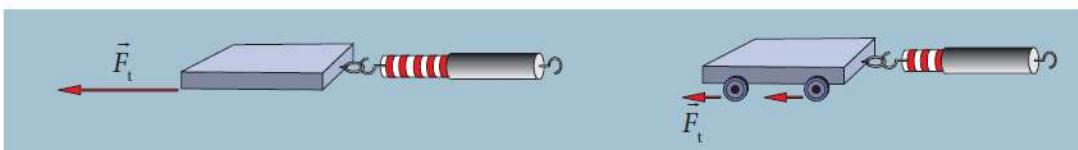
Када је сила којом тело делује нормално на подлогу већег интензитета, тада ће испупчења једне додирне површине тела дубље задирати у удубљења друге површине што ће условљавати и већу вредност силе трења клизања.

Упознали смо макроскопско објашњење силе трења. Дубље, микроскопско тумачење у којем се узима у обзир и (молекулска) структура тела упознаћемо у средњој школи. Тада ћемо схватити зашто је две стаклене плоче (готово идеално равне) тешко померити једну преко друге.

Сила трења клизања смањује се подмазивањем разним уљима додирних површина. Тада се сила трења не јавља између додирних површина чврстих тела него између слојева уља.

Замислите, шта би се десило, ако бисмо заборавили да сипамо уље у мотор напушег аутомобила на много дужи период од предвиђеног времена.

**Трење котрљања.** Настаје при котрљању тела по подлози (кугле, ваљка, точка и сл.). Сила трења котрљања је знатно мања од силе трења клизања код тела истих маса и облика (сл. 2.20). Много лакше је померити по поду намештај са точкићима него без точкића (сл. 2.21); стога се и путничке торбе (кофери) опремају точкићима, возила би се тешко кретала да нису на точковима.



Сл. 2.20. Сила трогања клизања је већа од силе трогања котрљања истог тела

При клизању тела по подлози, неравнине тела задиру у неравнине подлоге на релативно великим делу додирне површине, а при котрљању на знатно мањем делу површине. Због тога је сила трења котрљања мања од силе трења клизања код истог тела под истим условима (сл. 2.20). Та чињеница се користи у решавању многих техничких и практичних проблема (у којима се трење клизања „преводи“ у трење котрљања).



Сл. 2.21. Трење котрљања

## Трење је и корисно и штетно

Трење је некад корисно, чак и неопходно. Када не би било трења, људи (и животиње) не би могли да се крећу. Без трења тела у стању мировања не би се могла покренути, а у стању кретања зауставити (аутомобили, трамваји, возови...). Кочнице код аутомобила и других превозних средстава не би могле да се користе да нема трења. Захваљујући трењу разни предмети могу да се држе у рукама; без трења они би исклизнули из руку слично мокром сапуну. Ниједну фудбалску лопту голман не би могао задржати да не постоји трење...

У многим случајевима трење је и штетно: да нема трења, обућу и одећу носили бисмо неограничено време, а аутомобилске гуме не бисмо морали мењати, престали бисмо да оштримо ножеве, секире, да мењамо разне делове код машина и апарате који се услед трења хабају, итд.

## СИЛА ОТПОРА СРЕДИНЕ

При кретању чврстог тела кроз ваздух, воду или другу гасовиту или течну средину, јавља се отпор који успорава то кретање. Величина која карактерише (квантитативно одређује) тај отпор, назива се **сила отпора средине**.

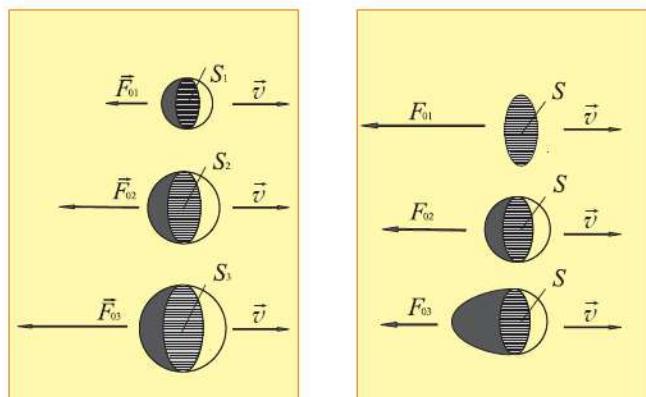
### Од чега зависи сила отпора средине?

Из обичног искуства зnamо да чврста тела брже падају кроз ваздух него кроз воду. Дакле, **сила отпора зависи од природе (врсте) средине кроз коју се тело креће**.

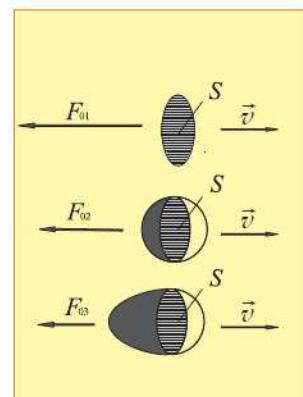
Сила отпора средине зависи и од брзине којом се тело креће. Што је већа брзина тела, већа је и сила отпора средине. То се потврђује примером: када човек стоји у води, сила отпора не постоји; при ходању кроз воду, сила отпора се јавља, а при трчању кроз воду она се повећава.

На слици 2.22 су три лопте које се крећу кроз исту средину једнаким брzinама. Највећа сила отпора средине делује на лопту највећег полупречника, а најмања на лопту најмањег полупречника. Значи, **сила отпора средине зависи од димензија тела**.

Конечно, **сила отпора средине зависи и од облика тела**: диск, кугла и издужено заобљено тело, крећу се једнаким брzinама кроз воду (сл. 2.23).



Сл. 2.22. Сила отпора средине зависи од димензија тела



Сл. 2.23. Сила отпора средине зависи од облика тела

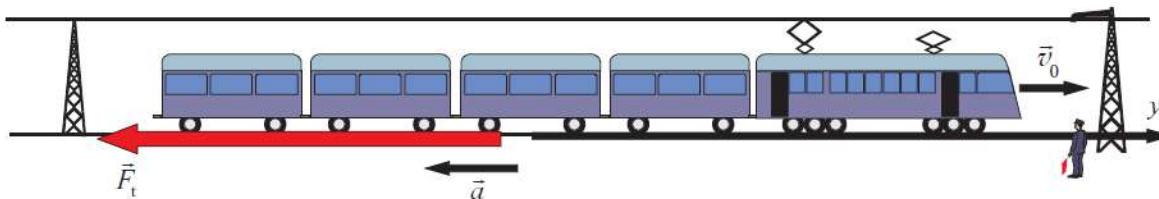
Површине највећих нормалних пресека на правац кретања, такође су једнаке. Највећа сила отпора делује на диск, нешто мања на куглу, а најмања на тело које има тзв. **аеродинамичан облик**. Аеродинамичан облик имају нпр. рибе, подморнице, авиони, хеликоптери, птице...

Обједињавајући претходне констатације, закључујемо:

**Сила отпора зависи од природе (врсте) средине кроз коју се тело креће, његове брзине, димензија и облика и супротна је смеру кретања, односно смеру брзине тела.**

## КРЕТАЊА ТЕЛА ПОД УТИЦАЈЕМ СИЛЕ ТРЕЊА

Сила трења, без обзира о којој врсти трења је реч је сила која успорава кретање тела. Код датог тела и при непромењеним условима сила трења има сталну вредност. Правац силе трења се поклапа са правцем кретања тела и усмерена је супротно од смера кретања, односно од смера брзине тела. Под дејством такве силе тело се креће равномерно успорено (убрзање са негативним предзнаком).



Сл. 2.24. Одређивање зауставног пута воза

Свако тело у стању кретања, ако се искључе сile које то кретање подржавају, после одређеног времена се зауставља. Претпоставимо нпр. да је машиновођа електричног воза искључио мотор и да на воз делује само сила трења између точкова и шина и точкова и осовина (сл. 2.24). Воз ће се кретати успорено по хоризонталном путу и после одређеног времена се зауставља. То се могло односити и на аутомобил. Узрок заустављања воза (аутомобила) је сила трења.

**Тело под дејством сталне силе трења креће се равномерно успорено.**

Под утицајем силе трења тело се зауставља после преласка одређеног растојања – **зауставни пут**.

На основу Другог Њутновог закона може да се одреди зауставни пут тела  $s_z$  под утицајем силе трења интензитета  $F_t$  (што је посебно важно за возаче):

$$F_t = ma, \text{ одакле је } a = \frac{F_t}{m}$$

где је  $F_t$  – интензитет силе трења,  $m$  – маса тела и  $a$  – његово убрзање.

Поред тога користи се израз за брзину на крају пређеног пута код равномерно успореног кретања:

$$v^2 = v_0^2 - 2as_z$$

где је  $v_0$  – брзина у тренутку када на тело делује само сила трења и  $s_z$  – зауставни пут тела.

Пошто је на крају пута  $v = 0$  (тело се зауставило), то је:  $0 = v_0^2 - 2as_z$ , односно

$$s_z = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2\frac{F_1}{m}} = \frac{mv_0^2}{2F_t}$$

Зауставни пут воза тела (автомобила, воза) управо је пропорционалан произвodu масе и квадрата брзине коју је воз (автомобил) имао у тренутку искључења мотора, а обрнуто је сразмеран интензитету силе трења.

## 2. СИСТЕМАТИЗАЦИЈА И ОБНАВЉАЊЕ ГРАДИВА

• При проучавању кретања тела (материјалне тачке) под утицајем Земљине теже занемарује се отпор ваздуха и гравитационо деловање других небеских тела. Узимају се релативно мале висинске разлике изнад Земљине површине тако да се може сматрати да се интензитет Земљине теже не мења у току кретања тела. Претпоставља се да је Земља сферног облика и хомогеног састава. Под таквим условима, деловање Земљине теже изазива стално убрзање. За убрзање Земљине теже узима се вредност:  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . Правац убрзања Земљине теже поклапа се са правцем Земљиног полупречника (са правцем деловања Земљине теже) а убрзање је усмерено као и Земљина тежа према Земљином центру.

• Постоје разни облици кретања тела (материјалне тачке) под дејством Земљине теже, али наше разматрање је ограничено на три карактеристична случаја: **слободан пад, хитац наниже и хитац навише**.

• **Слободан пад.** Тело пуштено с одређене висине без почетне брзине ( $v_0 = 0$ ) да пада на Земљину површину назива се **слободни пад**. За описивање тог кретања примењују се закони равномерно убрзаног праволинијског кретања без почетне брзине само што се уместо убрзања  $a$  ставља убрзање Земљине теже  $g$  ( $a = g$ ):

тренутна брзина:  $v = gt$ ; средња вредност брзине:  $v_s = \frac{1}{2}gt$ ;

пређени пут:  $s = \frac{1}{2}gt^2$ ; брзина на крају висине  $h$ :  $v^2 = 2gh$ .

• **Хитац навише (вертикални хитац).** Кретање тела са почетном брзином вертикално навише, назива се **хитац навише**.

Пошто се тело креће у смеру супротном од смера Земљине теже, хитац навише је једнако успорено праволинијско кретање. Применом закона једнако успореног кретања и стављањем  $a = g$ , добијају се формуле за одговарајуће величине којима се описује хитац навише:

тренутна брзина:  $v = v_0 - gt$ ; средња вредност брзине:  $v_s = v_0 - \frac{1}{2}gt$ ;

пут (висина):  $s = h = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$ ; брзина на крају пређеног пута ( $h$ ):  $v^2 = v_0^2 - 2gh$

Тело достиже максималну висину у тренутку када је  $v = 0$ , па је:

$$0 = v_0 - gt, \text{ односно: } t = \frac{v_0}{g}$$

Време за које тело достигне максималну висину сразмерно је почетној брзини, а обрнуто сразмерно убрзању Земљине теже.

Комбинацијом израза за тренутну брзину и израза за пређени пут (висину) добија се:

$$h = \frac{v_0^2}{2g}.$$

Максимална висина тела код хитца навише сразмерна је квадрату почетне брзине, а обрнуто сразмерна двострукој вредности убрзања Земљине теже.

- **Вертикални хитац наниже.** Кретање тела са одређене висине неком почетном брзином усмереном вертикално наниже назива се **вертикални хитац наниже**. На то кретање примењују се познате формуле за величине којима се описује равномерно убрзано кретање са почетном брзином само што се уместо убрзања  $a$  ставља убрзање Земљине теже  $g$  ( $a = g$ ):

тренутна брзина:  $v = v_0 + gt$ ; средња вредност брзине:  $v_s = v_0 + \frac{1}{2}gt$ ;

пут (висина):  $h = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$ ; брзина на крају пута (висине)  $h$ :  $v^2 = v_0^2 + 2gh$ .

- У лифту који слободно пада ( $a = g$ ) тела немају тежину; она су у бестежинском стању. Човек који се вози у таквом лифту је без тежине ( $Q = 0$ ). Тада човек као и сва тела у лифту, не врше никакав притисак на подлогу, нити затежу конац, или уже о које су обешена. Тела „лебде“ у простору лифта или космичког сателита као да су обешена невидљивим нитима и њихова једнака нули ( $Q = 0$ ).

- **Интензитет сile трења клизања** једнак је производу коефицијента трења и интензитета сile којом тело делује нормално на подлогу; правац сile трења је у равни додирних површина тела, а смер супротан смеру кретања тела, односно смеру његове брзине:

$$F_t = \mu F_n,$$

где је  $\mu$  – коефицијент трења клизања који зависи од природе додирних површина тела и степена њихове углачаности.

- **Трење котрљања** настаје при котрљању тела по подлози (кугле, валька итд.). Трење котрљања је увек мање од трења клизања код истих тела.

При кретању чврстог тела кроз ваздух, воду или неку другу сличну средину, јавља се отпор који успорава то кретање. Сила отпора зависи од природе средине кроз коју се тело креће, његове брзине, димензија и облика, и усмерена је супротно смеру кретања, односно смеру брзине тела.

# ТРЕЋА ЛАБОРАТОРИЈСКА ВЕЖБА

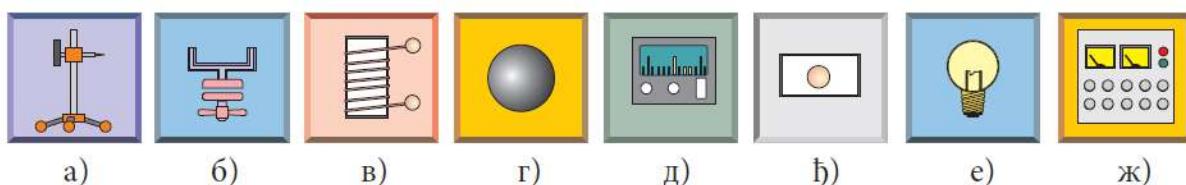
## ОДРЕЂИВАЊЕ УБРЗАЊА ТЕЛА КОЈЕ СЛОБОДНО ПАДА

### Задатак

Одредити убрзање слободног пада тела.

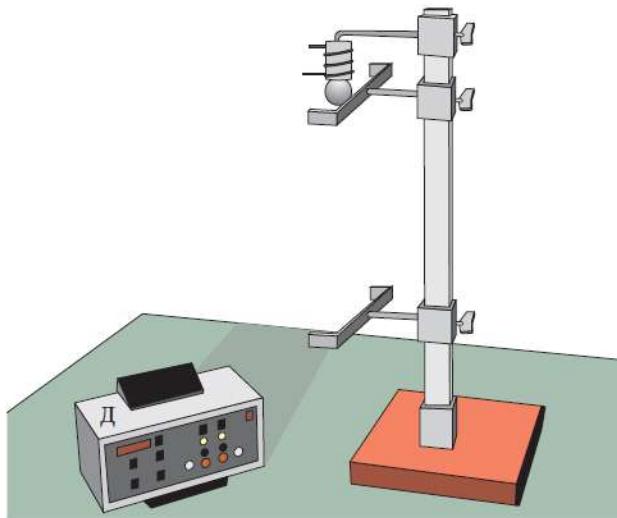
### Прибор

- а) статив са милиметарском поделом
- б) три покретна носача са стегама
- в) електромагнет
- г) метална куглица
- д) електронски мерач времена
- ђ) фотоћелија
- е) светлосни извор
- ж) командни сто са прекидачима



### Упутство

Повезати апаратуру као на слици 1. Носаче на ставити на жељени размак, што представља пређени пут куглице (s). Потом поставити металну куглицу уз електромагнет (који је укључен и самим тим привлачи куглицу). На командном столу искључити електромагнет и куглица почине да пада. Пошто се на горњем и доњем носачу налази извор светlostи и наспрам њега фотоЛелија, у моменту проласка куглице изменju њих она заклони светлосни извор и фотоЛелија региструју пролазак куглице. При пресецању светлосног спона на горњем носачу фотоЛелије укључује се електронски мерач времена, а при пресецању спона доњег носача се зауставља мерење времена на мерачу (д).



Слика 1

За то време куглица је прешла претходно одређен пут ( $s$ ) између та два носача.

$$s = \frac{1}{2} g t^2 \Rightarrow g = \frac{2s}{t^2}.$$

На електронском мерачу прочитати време трајања слободног пада куглице.  
Резултате унети у табелу.

### Израда

Редни број мерења	Пут $s$ [m]	Време $t$ [s]	Убрзање $g$ [m / s <sup>2</sup> ]
1.			
2.			
3.			

### Закључак

Средња вредност, апсолутна и релативна грешка:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

# ЧЕТВРТА ЛАБОРАТОРИЈСКА ВЕЖБА

## МЕРЕЊЕ СИЛЕ ТРЕЊА

### Задатак

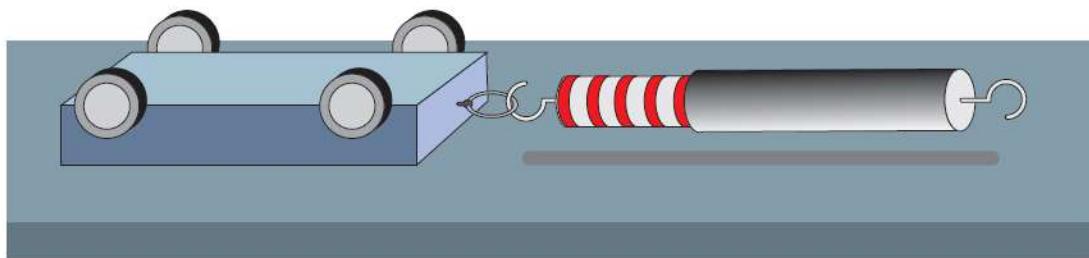
- Измерити силу трења клизања
- Израчунати коефицијент трења клизања
- Измерити силу трења котрљања

### Прибор

- равна хоризонтална површина;
- динамометар;
- тelo у облику паралелопипеда са точковима;
- комплет тегова.

### Упутство

- На равну подлогу поставити колица тако да страна са точковима буде окречнута нагоре. Везати динамометар за колица и лагано га повлачити паралелно дуж подлоге. У стању равномерног кретања колица по подлози, очитати вучну силу на динамометру. Вредност вучне силе одговара интензитету силе трења клизања (сл. 2).



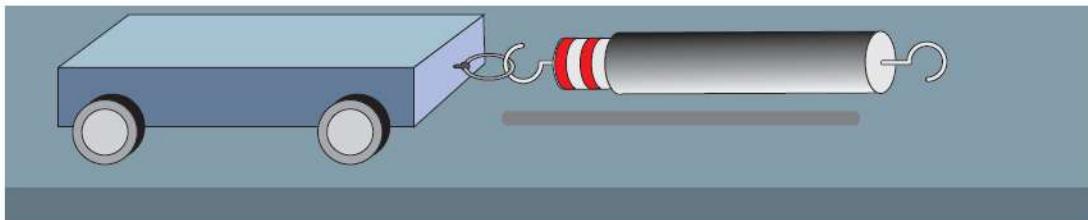
Слика 2

- За одређивање коефицијента силе трења клизања користити претходно измерену вредност силе трења  $F_t$ . Уз то, треба измерити и тежину колица (N), тј. силу којом колица делује нормално на подлогу. На основу формуле:

$$\mu = \frac{F_t}{N},$$

израчунава се коефицијент трења клизања. Оглед се може поновити неколико пута на тај начин што ће се на колица ставити један, затим два и више тегова. На основу тога израчунати средњу вредност коефицијента трења клизања  $\mu_s$ .

- За мерење силе трења котрљања претходни колица треба окренuti и поставити точковима на равну хоризонталну подлогу (сл. 3). Поновити цео ток експеримента као и у случају мерења силе трења клизања. Измерена вредност вучне силе одговара интензитету силе трења котрљања.



Слика 3

### Приказивање резултата

Измерене и израчунате податке унети у табелу.

Редни број мерења	Тело	Интензитет сile трења клизања $F_{t_{kl}} [N]$	Коефицијент трења клизања $\mu = F_{t_{kl}} / N$	Интензитет сile трења котрљања $F_{t_{ko}} [N]$	Однос интензитета сile трења клизања и сile трења котрљања $F_{t_{kl}} / F_{t_{ko}}$
1.	Колица				
2.					
3.					
4.					

### Закључак

Средња вредност, апсолутна и релативна грешка:

---



---



---



---



---



---

## ПИТАЊА И ЗАДАЦИ СА ОДГОВОРИМА И РЕШЕЊИМА

1. Мера инертности тела је:

- а) Земљина тежа;
- б) убрзање тела;
- в) густина тела;
- г) маса тела;
- д) не знам.

**Одговор:** Пог г).

2. Поређати по вредности убрзања Земљине, Месечеве и Сунчеве гравитационе силе:

- а) Земља, Месец, Сунце;
- б) Сунце, Месец, Земља;
- в) Месец, Сунце, Земља;
- г) Месец, Земља, Сунце
- д) Земља, Сунце, Месец;
- ђ) не знам.

**Одговор:** Пог г).

3. Зашто интензитет Земљине теже није исти на свим местима на Земљиној површини?

**Одговор:**

*Интензитет Земљине теже на свим местима на Земљиној површини није исти услед тоа што се Земља обрће око своје осе, нема још једно сферни облик (сјевоштиена на њоловима, а истиучена на екватору) и што Земља није хомоћено саспава.*

4. Различита тела испуштена са исте висине у природним условима не доспевају на тло истовремено. Како то објаснити?

**Одговор:**

*Тела истиучена са истије висине не доспевају на Земљину површину истијевремено услед различитеј деловања на његуна тело силе отпора средине (ваздуха).*

5. Навести неке примере „необичног“ понашања тела у бестежинском стању (у лифту који слободно пада или сателиту који орбитира око Земље).

**Одговор:**

*Тела у бестеџинском стању „јубе“ тежину; йокренућо тело, креће се нейресистабно; сатови који функционишу на принципу клипна пресијају да ради; истиучено тело осијаје да „виси“ у простору као да је обешено о невидљиву нит (конач); човек може да људијне тело масе од неколико килограма, итд.*

6. Која је сила одговорна за распоред и кретање небеских тела у Сунчевом систему?

**Одговор:** Гравитациона сила.

7. Када тела слободно падају на Земљину површину, где се секу правци њихових путања?

**Одговор:**

Правци путања тела која слободно падају секу се у Земљином центру.

8. Како је усмерено убрзање тела које изазива сила трења?

**Одговор:**

Убрзање под дејством силе тренажа усмерено је сујројно смеру брзине тела, односно смеру крећања тела.

9. Тело слободно пада на Земљину површину. Колика је његова брзина 5 s после његовог испуштања?

**Подаци:**  $v_0 = 0$ ,  $t = 5 \text{ s}$ ;  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $v = ?$

На основу израза за брзину тела које слободно пада:  $v = gt$ , добија се:

$$v = 49,05 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

10. Тело слободно пада са висине 180 m. Коликом брзином оно доспева на подлогу? Узети да убрзање Земљине теже износи  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

**Подаци:**  $h = 180 \text{ m}$ ,  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $v = ?$

$$v = \sqrt{2gh} = 60 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

11. Тело се пусти да слободно пада са неке висине и на земљу доспева брзином  $19,62 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Са које висине је тело пало?

Убрзање Земљине теже је  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

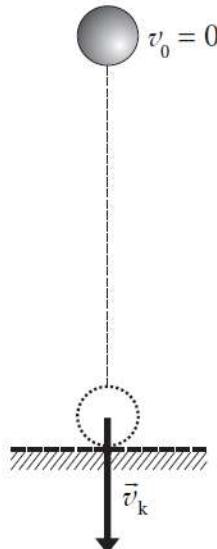
**Подаци:**  $v_k = 19,62 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $h = ?$

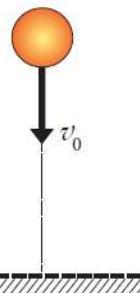
Из израза за брзину тела при слободном паду  $v = gt$ ,

налази се:  $t = \frac{v}{g} = \frac{19,62 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 2 \text{ s}$

На основу тоја, добија се:

$$h = \frac{1}{2}gt^2 = 19,62 \text{ m}.$$





12. Тело је бачено вертикално наниже почетном брзином  $v_0 = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  и оно доспева на тло после 0,25 s. Одредити брзину тела при удару о подлогу. Убрзање Земљине теже силе је  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

**Подаци:**  $v_0 = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $t = 0,25 \text{ s}$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $v = ?$

$$v = v_0 + gt = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,25 \text{ s} \approx 5,45 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

13. Тело је бачено вертикално наниже почетном брзином од  $14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Тело доспева на тле 8s након почетка кретања. Одредити висину са које је тело бачено и брзину тела при удару о подлогу. Убрзање Земљине теже је  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

**Подаци:**  $v_0 = 14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $t = 8 \text{ s}$ ;  $h = ?$ ;  $v = ?$

На основу закона брзине вертикалног хиџа наниже:  $v = v_0 + gt$ ,

налази се  $v = 92,48 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

Према одјоварајућем закону Џуїма (висине):

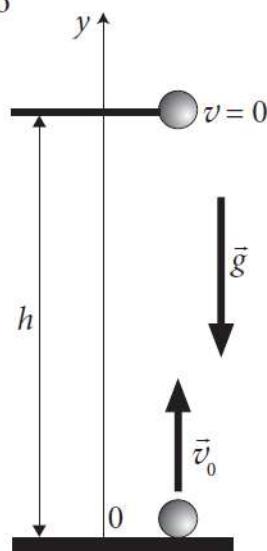
$$h = v_0 \cdot t + \frac{1}{2}gt^2 = 425,92 \text{ m}.$$

14. Тело је бачено вертикално навише почетном брзином  $30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Нађи време кретања тела до највише тачке. За које време ће тело стићи до половине максималне висине? Узети да је  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

**Подаци:**  $v_0 = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $t_1 = ?$  и  $t_2 = ?$

$$t_1 = \frac{v_0}{g} = \frac{30 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 3 \text{ s}; h_{\max} = \frac{1}{2}gt_1^2 = 45 \text{ m}.$$

$$\frac{h_{\max}}{2} = 22,5 \text{ m} = \frac{1}{2}gt_2^2; t_2^2 = \frac{h_{\max}}{g} = 4,5 \text{ s}^2$$



$$t_2 \approx 2,2 \text{ s.}$$

15. Кишна кап има масу 0,1 g. Одредити вредности силе отпора ваздуха која делује на кишну кап у близини Земљине површине?

**Подаци:**  $m = 0,1 \text{ g}$ ;  $F_{\text{от}} = ?$

Када се „оћикне“ из облака, на њочејку кишина када јада убрзано. Са њовећањем брзине, њовећава се и сила отпора ваздуха која делује на кишну када. Када се изједначе сила отпора ваздуха и Земљина тежка (силе иситих праваца, а супротних смерова) кишина када јада константном брзином. При константној брзини кишине када, интензитети силе отпора ваздуха и Земљине теже су једнаки, па је:

$$F_{\text{от}} = mg = 0,1 \cdot 0,001 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0,000981 \text{ N.}$$



16. О плафон лифта који слободно пада ( $a = g$ ) обешена је оловна кугла. Шта ће се десити са куглом ако се прекине уже о које је обешена?

**Одговор:**

Кула ће осетити у стапању мировања у истом положају у коме се налазила.

17. Како се мења маса тела у лифту који се:

- а) налази у стапању мировања;
- б) подиже или спушта сталном брзином;
- в) слободно пада?

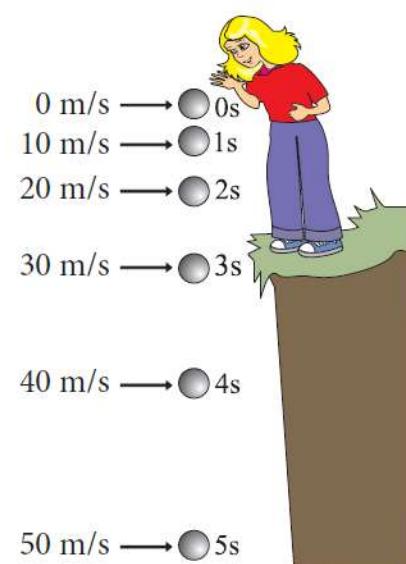
**Одговор:**

У свим случајевима маса тела осетије непромењена (стала).

18. Сликом приказати брзину при слободном паду тела са почетном брзином ( $v_0 = 0$ ). Узети да је убрзање Земљине теже  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

**Одговор:**

Почејна брзина тела је једнака нули ( $v_0 = 0$ ). На крају прве секунде тело има брзину  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ , њосле друге секунде  $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ , треће  $30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ , четврте  $40 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ , пете  $50 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  ... (слика).



## ТЕСТ ЗНАЊА

1. Под утицајем Земљине теже сва тела стичу исто убрзање. Зашто онда метална куглица и лист хартије испуштени са исте висине не доспевају на подлогу истовремено?

Број поена 5

2. Које силе делују на облик кретања падобранца са отвореним падобраном?

Број поена 5

3. Како изгледају графици зависности брзине тела од времена: а) за слободни пад; б) вертикални хитац наниже и в) вертикални хитац навише.

Број поена 10

4. Шта се дешава са масом и тежином тела у бестежинском стању?

Број поена 5

5. Када вуку тешке греде по земљи, радници испод њих подмећу греде у облику валька. Зашто?

Број поена 5

6. При слободном паду са већих висина тела стичу велику брзину. На пример, са висине 4500 м тело удара у земљу брзином око  $300 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Како, онда, без већих проблема издржавамо „ударце“ кишних капи које падају из облака?

Број поена 10

7. Јабука која је пала са дрвета при удару о тле има брзину  $8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Колико је времена прошло од тренутка када се јабука откинула од гране до тренутка када је додирнула тле? Са које је висине пала јабука? Узети да је убрзање Земљине теже  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

Број поена 10



8. Тело је испуштено да слободно пада са висине 100 m. Одредити време за које тело пређе другу половину пута. Узети да је убрзање Земљине теже  $9,81 \frac{m}{s^2}$ .

Број поена 10

9. Кугла је бачена вертикално наниже почетном брзином од  $2 \frac{m}{s}$  и она доспева на подлогу (тло) 2 s након почетка кретања. Одредити брзину кугле при удару о тле и висину са које је кугла бачена. Убрзање Земљине теже је  $9,81 \frac{m}{s^2}$ .

Број поена 10

10. Кликер је бачен вертикално навише почетном брзином  $9,81 \frac{m}{s}$ . Израчунати време које је прошло од почетка кретања до тренутка када је кликер доспео у положај максималне висине и вредност те висине. Убрзање Земљине теже је  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ .

Број поена 10

11. Тело се баци вертикално навише. На висини 200 m брзина тела је  $150 \frac{m}{s}$ . Убрзање Земљине теже је  $9,81 \frac{m}{s^2}$ .

- а) Одредити почетну брзину тела?
- б) До које висине ће доспети тело?
- в) После ког времена ће тело пасти на земљу?

Број поена 10

12. Тело је окачено о динамометар који виси о плафону лифта. Када је лифт у стању мiroвања динамометар показује силу интензитета (тежину тела) од 65 N. Шта ће показивати динамометар ако се лифт:

- а) креће вертикално навише сталном брзином;
- б) креће вертикално наниже сталном брзином;
- в) слободно пада;
- г) не знам.

Број поена 10

## РАВНОТЕЖА ТЕЛА

Једна од последица међусобног деловања два тела је она која доводи до промене њиховог стања кретања. То се, у ствари, своди на случајеве када деловање силе (сила) узрокује промену брзине, појаву убрзања тела. Упознали смо и одговарајуће законе тог кретања (Њутнови закони механике). Међутим, у многим случајевима веома је важно познавати услове при којима тела, иако на њих делују силе, немају убрзање. За таква тела се каже да се налазе у **стању равнотеже**.

Постоји **динамичка и статичка равнотежа тела**.

Тело које се креће равномерно праволинијски сталном брзином (убрзање једнако нули), налази се у стању **динамичке равнотеже**. У стању динамичке равнотеже налази се аутомобил (воз) који се креће равномерно праволинијски (стална брзина). Аутомобил се креће равномерно праволинијски, сталном брзином све док су изједначени интензитети вучне силе мотора и силе трења. Знамо да вучна сила мотора и сила трења имају исте правце, али супротне смерове. Када су интензитети тих сила једнаки њихова деловања се узајамно поништавају и тело се креће стечењем брзином која се у току кретања не мења.

Ако тело на које делује сила остаје у стању мировања у односу на референтно тело ( $v = 0$  и  $a = 0$ ), оно се налази у стању **статичке равнотеже**.

Статичка равнотежа тела или система тела има велики значај у решавању разних техничких и практичних проблема, нпр., при конструкцији грађевинских објеката: зграда, мостова, тунела, разних торњева, машина и њихових система...

**Део класичне механике у којој се изучавају услови равнотеже тела (материјалне тачке) назива се статика.**

Наше разматрање, углавном се своди на проучавање услова **статичке равнотеже**, или, краће, **равнотеже тела** као што је и насловљена ова тематска целина.

У реалним условима тела су обично изложена истовременом деловању више сила са разним нападним тачкама и различитим правцима деловања. Али, наше разматрање ћемо ограничити на једноставније примере.

Обично се у механици, нарочито у статици, не узимају у обзир својства и структура тела, уколико се то посебно не захтева. Зато ћемо у обради овог поглавља користити раније уведени појам **материјална тачка**. Поред тог појма (опет због једноставности) уведен је и појам **идеално круто тело**, краће, **круто тело**, а понекад и само **тело**.

**Под идеално крутим телом подразумева се тело које под дејством сила не мења облик и запремину.**

У строгом смислу, идеално круто тело, не постоји у стварности. Идеално круто тело је модел, идеализација реалног тела. Али закони равнотеже кругог тела могу да се примене и на стварна тела, под условом да се њихове деформације, изазване деловањем спољашњих сила, могу практично занемарити. Тако се, нпр., у крута тела

могу убројити: гвоздена, чак и дрвена шипка (греда), метална кугла, па и стаклени кликер итд.

Да бисмо схватили под којим условима тело (материјална тачка) може бити у стању равнотеже, претходно ћемо упознати **слагање и разлагање сила**.

## СЛАГАЊЕ СИЛА

Сила која замењује деловање две или већег броја сила зове се **резултатнта сила** или **резултујућа сила**, а силе које она замењује **компонентне силе**, или кратко, **компоненте**. Интензитет резултанте сила обично се означава са  $R$  или  $F_r$ , а интензитети њених компонената са  $F_1, F_2, F_3 \dots$  Могу се користити и друге ознаке.

Поступак добијања резултанте датих сила назива се **слагање сила**.

### Слагање сила које делује дуж истог правца

У најједноставнијем случају, када на тело (материјалну тачку) делују истовремено две силе истог правца и смера, њихова резултанта има исти правац и смер као и компоненте, а њен интензитет једнак је збиру интензитета сила које се сабирају:

$$R = F_r = F_1 + F_2$$

Ако на тело делује  $n$  – сила дуж истог правца и смера, интензитет њихове резултанте једнак је збиру интензитета поједињих сила:

$$R = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n$$

Слагање две силе истог правца и смера заступљено је нпр., када два радника преко косо постављене даске подижу буре на одређену висину (сл. 3.1).

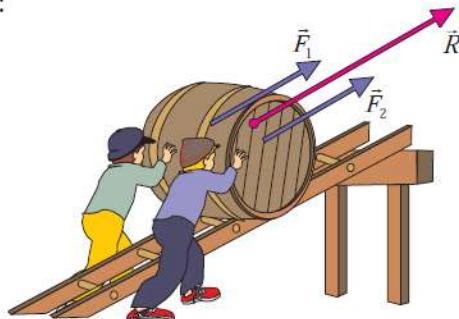
Интензитет резултанте двеју сила истог правца али супротног смера једнак је разлици интензитета тих сила

$$R = F_2 - F_1$$

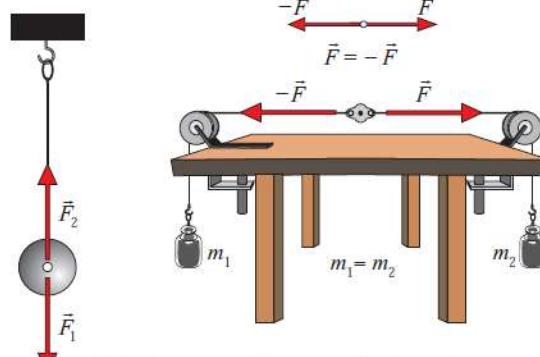
Правац резултанте се поклапа са правцем сила које се сабирају (компонената), а њен смер са смером веће компоненте.

У случају да компоненте (силе које се сабирају) имају једнаке интензитете, резултанта је једнака нули ( $R = F_2 - F_1 = 0$ ) и тело (материјална тачка) је у стању равнотеже: у стању мiroвања (сл. 3.2) или се креће равномерно праволинијски (стална брзина).

Падобранац у близини Земљине површине спушта се сталном брзином (сл. 3.3).

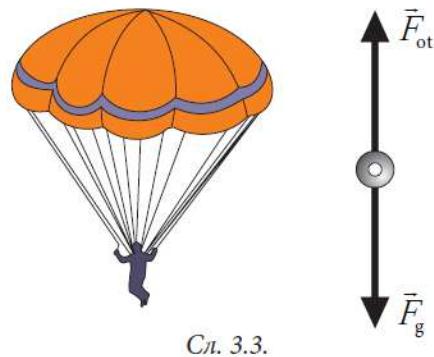


Сл. 3.1. Слање сила истој правци и смера



Сл. 3.2. Равнотежа тела (материјалне тачке) када на њеа делују две силе истој правцу а супротних смерова

Такво кретање падобранца настаје од тренутка када се изједначе интензитети Земљине теже и сила отпора ваздуха ( $R = F_g - F_{\text{ot}} = 0$ ), тј. од тренутка успостављања динамичке равнотеже.

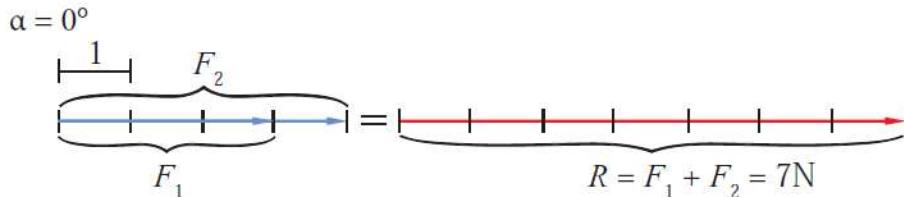
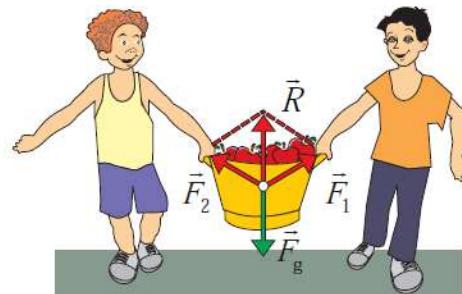


### Слагање сила чији правци деловања заклапају угао

У свакодневним условима тела су изложена деловањима сила различитих праваца. На слици 3.4 су два дечака која носе корпу јабука. На корпу делују: Земљина тежа ( $\vec{F}_g$ ) и силе мишића руке дечака ( $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ ).

За слагање сила  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$  чији правци деловања заклапају одређени угао, може се користити **правило паралелограма**. Над силама интензитета  $F_1$  и  $F_2$  конструише се паралелограм. Дијагонала тог паралелограма одговара интензитету резултантне  $R$  сила интензитета  $F_1$  и  $F_2$ . Резултантна има заједнички почетак са компонентама  $F_1$  и  $F_2$ . Интензитет резултанте  $R$  у примеру на слици 3.4 једнак је интензитету Земљине теже  $F_g$ , али је супротног смера.

Интензитет резултантне две сile зависи од интензитета тих сила и од угла који заклапају правци њихових деловања. Када је тај угао  $0^\circ$ , интензитет резултантне је највећи и једнак је збиру интензитета сила:  $R = F_1 + F_2$  (сл. 3.5).



Повећањем угла интензитет резултантне се смањује. Када је тај угао  $90^\circ$ , добија се:

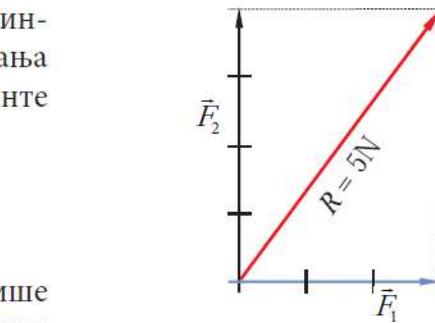
$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}.$$

**Пример.** На слици 3.6 сабирају се две силе интензитета  $F_1 = 3\text{N}$  и  $F_2 = 4\text{N}$  чији правци деловања заклапају угао од  $90^\circ$ . Интензитет њихове резултанте је:

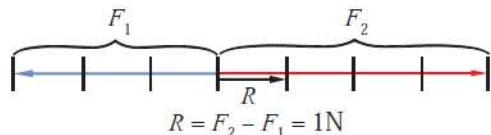
$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{25\text{N}^2} = 5\text{N}.$$

Даљим повећањем угла резултанте се још више смањује. За угао од  $180^\circ$  интензитет резултанте има најмању вредност и она је једнак разлици интензитета сила (сабирака):  $R = F_2 - F_1 = 1\text{N}$ .

Нека силе из претходног примера  $F_1 = 3\text{N}$  и  $F_2 = 4\text{N}$  имају исте правце деловања, а супротне смерове (угао између правца  $180^\circ$ ). Њихова резултантна има интензитет:  $R = F_2 - F_1 = 1\text{N}$  (сл. 3.7).



Сл. 3.6. Слање две силе чији правци заклапају угао од  $90^\circ$



Сл. 3.7. Слање две силе које заклапају угао од  $180^\circ$

## Разлагање сила

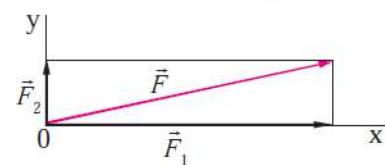
Поступак супротан слагању сила је **разлагање сила**. Код слагања сила деловање двеју сила на тело замењује се деловањем једне силе (резултанте). При разлагању деловање једне силе замењују деловања двеју сила које се зову **компоненте сила**.

Дата сила се разлаже тако што се она пројектује на два задата правца. Обично се узимају правци који заклапају угао  $90^\circ$ . Разлагање сile  $\vec{F}$  на компоненте  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$  дуж x- и y-осе приказано је на слици 3.8.

**Пример.** Човек делује на колица силом од  $80\text{ N}$  под углом од  $30^\circ$  (сл. 3.9). Разложити ту силу на две међусобно нормалне компоненте: дуж правца кретања колица и нормално на тај правац и одредити њихове интензитетете.

**Подаци:**  $\alpha = 30^\circ$ ,  $F = 80\text{ N}$ ;  $F_1 = ?$ ,  $F_2 = ?$

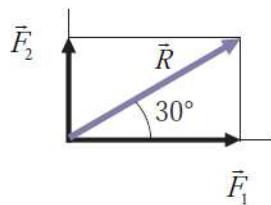
**Решење:** Дата сила је разложена на две међусобно нормалне компоненте (сл. 3.10). Њихови интензитети су:  $F_1 = 70\text{ N}$  (дуж правца кретања колица) и  $F_2 = 40\text{ N}$  (дуж правца који је нормалан на правац по мерања колица).



Сл. 3.8. Разлање сile на две међусобно нормалне компоненте



Сл. 3.9.

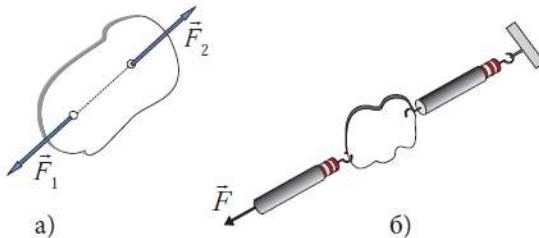


Сл. 3.10.

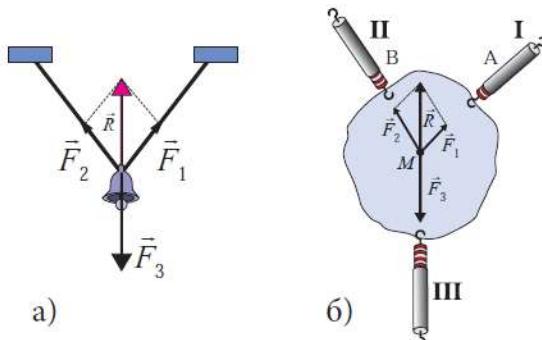
## РАВНОТЕЖА ТЕЛА

Једноставан пример равнотеже тела је приказан на слици 3.11 а). На тело делују две силе једнаких интензитета и истог правца са супротним смеровима. Таква равнотежа тела може се демонстрирати на једноставан начин. Два динамометра причврсте се за тело. Крај једног динамометра је учвршћен, а на крај другог динамометра се делује силом (сл. 3.11 б). У овом случају оба динамометра мере силе истог интензитета. Њихова деловања на тело се узајамно поништавају и тело се налази у равнотежи, односно у стању мiroвања.

Равнотежа тела на које делују три силе чији се правци налазе у истој равни са заједничком нападном тачком приказана је на слици 3.12 под а) и б). Прво се помоћу правила паралелограма сложе силе  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ . Њихова резултантта треба да има исти интензитет и правац као и трећа компонента  $F_3$ , али је супротног смера (сл. 3.12). Тачка М на слици 3.12 б) је пресек праваца сила које делују на дато тело.



Сл. 3.11. Равнотежа тела када на њеа делују две сile



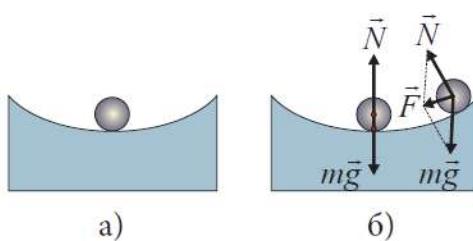
Сл. 3.12. Равнотежа тела када на њеа делују три силе

### Врсте равнотеже тела

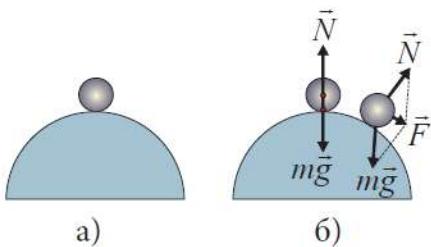
Установили смо одређене услове равнотеже тела (материјалне тачке). Поред тога, у решавању практичних проблема веома је битно утврдити степен стабилности равнотеже посматраног тела. У том погледу разликују се три положаја равнотеже тела: **стабилан, лабилан и индиферентан**.

**Ако се тело изведе из положаја равнотеже, а потом, препуштено самом себи (спонтано), поново врати у првобитан положај, тада је тај положај равнотеже тела стабилан (сл. 3.13 а).**

Резултантта тежине тела и сила реакције подлоге усмерена је тако да се под њеним деловањем тело враћа у претходни положај (сл. 3.13 б).



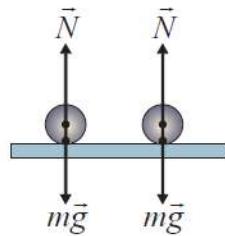
Сл. 3.13. Стабилна равнотежа



Сл. 3.14. Нестабилна равнотежа

Тело се налази у нестабилном (лабилном) положају равнотеже ако изведене из тог положаја, па препуштено само себи (спонтано), наставља и даље да се удаљава од првобитног положаја. У том случају и незнатно померање тела (куглице) од његовог равнотежног положаја доводи до тога да се оно још више удаљава од претходног положаја. То је условљено деловањем резултанте тежине тела и сile реакције подлоге (сл. 3.14 а) и б).

Када се тело изведе из индиферентног положаја у други положај оно препуштено само, остаје и даље у том новом положају. У том случају је резултантна тежина тела и сile реакције подлоге увек једнака нули (сл. 3.15).



Сл. 3.15.  
Индиферентна  
равнотежа

## ПОЛУГА. МОМЕНТ СИЛЕ

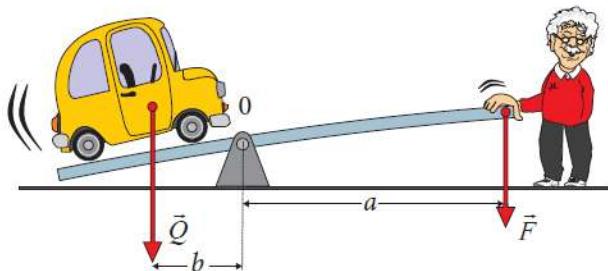
Свако чврсто тело које се може обртати око непокретне тачке ослонца или око утврђене осовине може се користити као полууга. У строгом смислу под полуугом се подразумева шипка, или штап од чврстог материјала чије се попречне димензије могу занемарити у односу на дужину.

Примене полууге у техници и свакодневној пракси су веома разноврсне. Њиховом комбинацијом добијају се сложеније механичке машине, а могу се користити и као самостални елементи. Најједноставнији облик полууге је приказан на слици 3.16.

**Употреба полууге омогућава да се мањом силом савлада већи терет.**

Код полууге постоје три значајне тачке: **тачка ослонца, нападна тачка терета и нападна тачка (активне) сile.**

Нормално растојање између ослонца полууге 0 и правца деловања сile (*a*) зове се **крак сile**, а нормално растојање између ослонца полууге и правца деловања тежине терета (*b*) је **крак терета**.



Сл. 3.16. Примена полууге

## Момент сile

За описивање обртања тела (полууге) око непокретне тачке ослонца или око утврђене осе уведена је величина – **момент сile**.

**Итензитет момента сile једнак је производу интензитета сile и крака сile:**

$$M_s = F \cdot a.$$

Јединица момента силе је њутн пута метар (N·m).

По аналогији, интензитет момента тежине терета је:

$$M_T = Q \cdot b.$$

Интензитет момента тежине терета (тела) једнак је производу интензитета тежине терета и крака терета.

### Равнотежа полуге

Из искуства је познато да човек и дете могу да одржавају равнотежу на клацкалици (сл. 3.17). Услов за ту равнотежу је да дете (мање тежине) седи на већем растојању од тачке ослонца, а човек (веће тежине) на мањем растојању од тачке ослонца. Прецизније: интензитет момента тежине дечака треба да буде једнак интензитету момента тежине човека:

$$Q_1 \cdot a = Q_2 \cdot b.$$

Клацкалица може да буде у равнотежи и ако се налази у косом положају (сл. 3.18.). У том случају се крак силе (тежине) не мери по правцу полуге (греде) већ је крак најкраће (нормално) растојање од тачке ослонца до правца деловања силе (тежине).

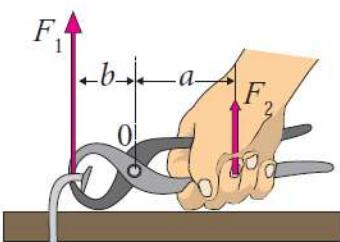
Услов за равнотежу полуге у општем случају је једнакост интензитета момента силе и интензитета момента тежине терета:

$$F \cdot a = Q \cdot b \text{ или } Q : F = a : b$$

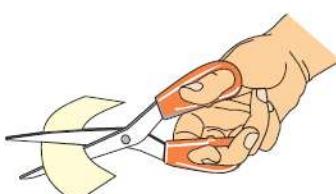
$$F = Q \frac{b}{a}.$$

Полуга је у равнотежи ако је интензитет силе толико пута мања од интензитета тежине терета, колико је пута крак терета мањи од крака силе.

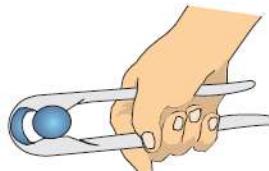
Пошто полуга омогућава да се мањом силом, савлада већи терет, она се назива и **проста машина**. Може се демонстрирати на примени: клешта за вађење закуцаних ексерса (сл. 3.19), маказа за сечење хартије, картона или лима (сл. 3.20), крцкалице за орахе (сл. 3.21), итд.



Сл. 3.19.



Сл. 3.20.



Сл. 3.21.

Полуга има примену код теразија (ваге), римског кантара, помоћу којих се мери маса тела (упознали смо их у VI разреду).

## СИЛА ПОТИСКА У ТЕЧНОСТИ И ГАСУ

При захватању воде кантом, делује се мањом силом док се она извлачи кроз воду – него кад је подижемо кроз ваздух. Када се у воду загњури гумена лопта и пусти, испливаће на њену површину. Ако се о динамометар окачи тело, а затим зарони у воду, динамометар ће показати да је тада тежина тела мања (сл. 3.22). Видимо да је његова тежина 2,5 N, а у води 0,5N. Ове појаве су последице дејства силе којом течност делује на тела која су у њу потопљена (зароњена). Та сила се назива **сила потиска**, а сама појава – **потисак**.

На тело потопљено у течност делују са свих страна сите хидростатичког притиска (сл. 3.23).

Силе притиска на тело са бочних страна (у хоризонталном правцу) узајамно се поништавају. Остају да делују само силе притиска дуж вертикалне. На слици 3.23. приказано је да на бочне странице коцке делује само по једна сила која представља све силе које делују на ту страну. Интензитет силе притиска који делује на доњу базу (основу) тела  $F_2$  је већи од интензитета силе притиска која делује на горњу базу тела  $F_1$ . То је условљено разликом висина течних стубова:

$$h_2 - h_1 = h, \text{ где је } h - \text{висина тела (сл. 3.23).}$$

Према томе, интензитет силе потиска је:

$$F_p = F_2 - F_1.$$

Интензитети силе притиска могу се изразити преко одговарајућих притисака:  $F_2 = p_2 S$  и  $F_1 = p_1 S$ . Знамо да је хидростатички притисак (који смо упознали у претходном разреду) изражен формулом:

$$p = \rho g h,$$

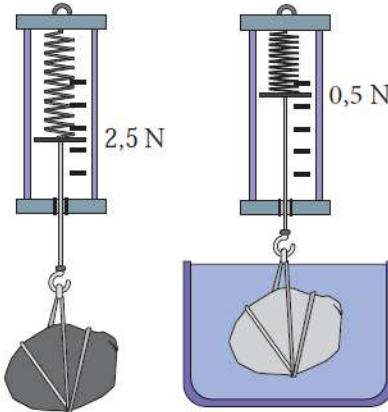
где су  $\rho$  – густина течности,  $g$  – убрзање Земљине теже и  $h$  – висина потопљеног тела.

Комбинацијом претходних релација добија се израз за интензитет силе потиска која делује на потопљено тело:

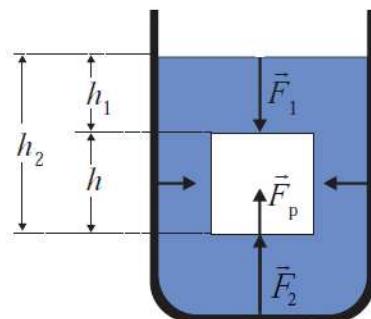
$$F_p = \rho g h_2 S - \rho g h_1 S = \rho g S \cdot h = \rho g V,$$

где је  $V$  – запремина тела.

Сила потиска делује у вертикалном правцу са смером навише (супротно Земљиној тежи) и доводи до смањења тежине тела у односу на његову тежину у ваздуху.



Сл. 3.22. Тежина тела у води је мања него у ваздуху



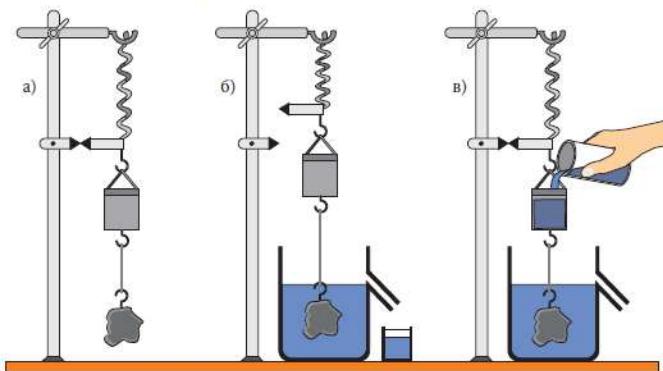
Сл. 3.23. Сила потиска

**Узрок смањења тежине тела потопљеног (уроњеног) у течност у односу на његову тежину у ваздуху (вакууму) је сила потиска.**

Сила потиска, такође, делује и на сва тела која се налазе у ваздуху или неком гасу, али се она обично занемарује.

Интензитет силе потиска може се одредити помоћу једноставног прибора, приказаног на слици 3.24.

На еластичну опругу (динамометар) окачи се суд (у облику цилиндра) и тело произвољног облика. Истезање опруге забележи се на стативу (сл. 3.24, под а). Затим се испод тела стави широк суд напуњен течношћу до бочног отвора. Када се у тај суд потопи тело, тада кроз бочни отвор истече у чашу течност чија је запремина једнака запремини потопљеног тела. Стрелица опруге се при томе подиже и опруга се скраћује, јер сада на потопљено тело делује вертикално навише и сила потиска. Због тога су потопљено тело и цилиндар лакши (сл. 3.24, под б). Ако се у суд цилиндричног облика улије телом истиснута течност стрелица опруге се спушта до обележеног положаја на стативу (сл. 3.24, под в). Кад се одреди вредност тежине истиснуте течности, онда се тиме истовремено одређује и интензитет сile потиска.



Сл. 3.24. Одређивање интензитета сile потиска

## АРХИМЕДОВ ЗАКОН И ЊЕГОВА ПРИМЕНА

У претходном огледу може да се одреди сила потиска. Она је једнака разлици између сile коју показује динамометар када је тело у ваздуху и када је тело уроњено у воду (сл. 3.24). Али, нас интересује закон помоћу којег се може квантитативно одредити сила потиска у општем случају (за различита тела и разне течности) и без мерења динамометром. Одговор на то питање дао је старогрчки филозоф и научник Архимед (Arhimed, 287–212 пре нове ере).

### Архимедов закон:

**На свако тело потопљено или делимично уроњено у течност или гас делује вертикално навише сила потиска, чији је интензитет једнак тежини телом истиснуте течности (гаса).**

Интензитет силе потиска (Архимедове сile) се израчунава помоћу обрасца:

$$F_p = mg = \rho Vg,$$

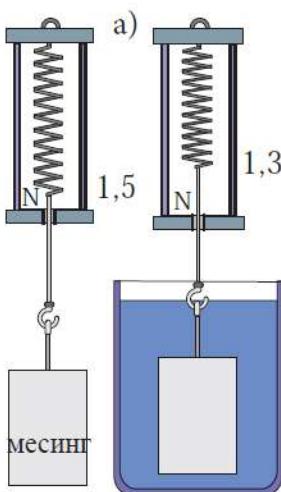
где су  $m$  – маса истиснуте течности,  $\rho$  – густина течности (или гаса),  $V$  је запремина уроњеног тела или дела тела и  $g$  – убрзање Земљине теже ( $g = 9,81 \frac{m}{s^2} = 9,81 \frac{N}{kg}$ ).

**Да ли сила потиска (Архимедова сила) зависи од густине тела?**

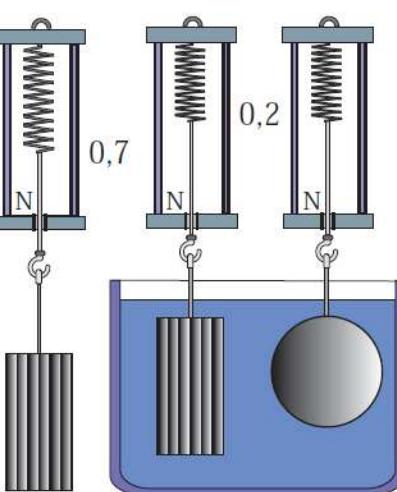
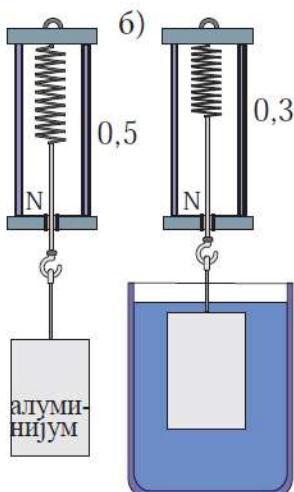
Одговор ћемо потражити у резултату огледа. Узећемо: два цилиндра једнаких запремина, један од месинга, други од алуминијума, динамометар и суд са водом (сл. 3.25).

О динамометар, прво вешамо месингани цилиндар. Видимо да на њега делује сила потиска (сл. 3.25, под а):

$$F = 1,5 \text{ N} - 1,3 \text{ N} = 0,2 \text{ N}.$$



Сл. 3.25. Сила потиска не зависи од ћустине потопљеној тела



Сл. 3.26. Сила потиска не зависи од облика тела

Шта показује слика под б)? Видимо, да је сила која делује на алуминијумски цилиндар у води, такође 0,2 N.

Дакле, на цилиндре од различитих супстанци чије се густине разликују делује једнаке силе потиска. Значи:

**Сила потиска (Архимедова сила) не зависи од густине потопљеног тела.**

Да ли можда облик тела утиче на силу потиска?

Опет се позивамо на оглед. У почетку имамо тело од пластелина правоугаоног облика (сл. 3.26). Вредност силе потиска која делује на њега износи:

$$F_p = 0,7 \text{ N} - 0,2 \text{ N} = 0,5 \text{ N}.$$

Затим од тог истог тела направимо куглу. Поново меримо његову тежину у ваздуху и води и опет (као у претходном случају) добијемо да је вредност силе потиска: 0,5 N. Другим речима:

**Сила потиска (Архимедова сила ) не зависи од облика тела.**

Уопштавајући резултате огледа закључујемо:

**Сила потиска (Архимедова сила) зависи од густине течности у коју се тело потапа и запремине течности која се истискује потопљеним (или делом уроњеним) телом, а не зависи од његове густине и облика.**

Све што је речено за потисак у течностима, важи и за потисак у гасовима. На свако тело које се налази у гасу делује, према Архимедовом закону, сила потиска једнака тежини истиснутог гаса. Дејство силе потиска у гасовима нарочито је изражено код **воздушних балона** (цепелина – дирижабла).

## ПЛИВАЊЕ И ТОЊЕЊЕ ТЕЛА

На слици 3.27 су приказане три истоветне боце (једнаке запремине), али различитих средњих густине (боце садрже) различите количине песка или оловних куглица. Подсетимо се: средња густина тела одређена је количником његове масе и укупне запремине (упозната у претходном разреду).

Када се боце зароне у течност, на њих делују једнаке силе потиска због њихових једнаких спољних запремина. То следи из Архимедовог закона  $F_p = \rho g V$  (густина течности, убрзање Земљине гравитационе силе и запремина тела се не мењају). У првом случају средња густина скоро празне боце била је мања од густине течности, услед чега она најпре испливава, а затим плива у течности. У другом случају средња густина боце са куглицама једнака је густини течности, па она лебди у њој. У трећем случају у боцу је стављено толико куглица да је њена средња густина са куглицама већа од густине течности. Због тога је она потонула на дно суда.

Сада ћемо пратити понашање истих тела у течностима различитих густине. У три суда насути су шпиритус, чиста вода и раствор соли (сл. 3.28). Свеже кокошје јаје и коцку леда спустимо прво у суд са шпиритусом (сл. 3.28 а). И лед и јаје тону. Пренесимо их потом у суд са водом, јаје тоне, а лед плива (сл. 3.28 б). У раствору соли оба тела пливају (сл. 3.28 в).

Знамо да је густина леда већа од густине шпиритуса и у њему лед тоне. Али је густина леда мања од густине воде и раствора соли. Зато лед у њима плива.

Густина јаја је око  $1050 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ . То је, у ствари, средња густина јаја, јер се оно састоји из неколико делова: беланце, жуманце и љуска. Густина чисте воде је  $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ , а раствора соли у нашем огледу око  $1100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ . Зато јаје у води тоне, а у раствору соли плива.

На основу резултата огледа, изводимо закључак:

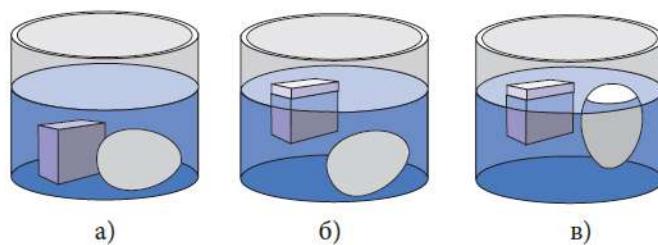
**Када је средња густина тела већа од густине течности, оно у њој тоне; ако је средња густина тела мања од густине течности, тело у њој плива; у случају да је средња густина тела једнака густини течности, оно лебди.**

**Запремина тела унутар течности у којој оно плива одређена је односом његове (средње) густине и густине те течности.** Потопљени део, на пример дрвеног бал-

вана у води је око  $\frac{1}{2}$ , а санте леда приближно  $\frac{9}{10}$ .



Сл. 3.27. Тоњење, лебдење и пливање тела



Сл. 3.28. Исплаћање тела у различитим течностима може да тоне, лебде и пливају

Код тела нехомогеног састава увек се мора узети средња вредност густине, а код тела хомогеног састава – густина. Колико је важно правити ову разлику потврђују примери: празна кутија од гвозденог лима може да плива (њена унутрашњост је испуњена ваздухом) или комад дрвета са ексером. На исти начин пливају бродови чије је корито гвоздено, а добар део његове унутрашњости је испуњен ваздухом, тако да је његова средња вредност густине мања од густине морске и океанске воде.

### 3. СИСТЕМАТИЗАЦИЈА И ОБНАВЉАЊЕ ГРАДИВА

- Област класичне механике у којој се изучавају услови равнотежног стања тела (материјалне тачке) под дејством сила и врсте равнотеже назива се **статика**.
- Стање у којем тело, под дејством сила, не добије убрзање, назива се **стање равнотеже**.

Постоји **динамичка и статичка равнотежа тела**.

Тело које се креће равномерно праволинијски (стална брзина, убрзање једнако нули) налази се у стању **динамичке равнотеже**.

Ако тело на које делује сила остаје у стању мировања у односу на дато референтно тело ( $v = 0$ ), оно се налази у стању **статичке равнотеже**.

• Сила која замењује деловање две или већег броја сила зове се **резултантна сила** (**резултујућа сила**), а силе које она замењује **компонентне силе**, или кратко **компоненте**.

Поступак добијања резултантне датих сила је **слагање сила**.

Када на тело (материјалну тачку) делују истовремено две силе истог правца и смера, њихова резултантна има исти правац и смер као и њене компоненте, а интензитет резултантне једнак је збиру интензитета сила које се сабирају:

$$R = F_1 + F_2,$$

Интензитет резултантне двеју сила истог правца али супротног смера једнак је разлици интензитета тих сила:

$$R = F_2 - F_1.$$

Правац резултантне се поклапа са правцем сила које се сабирају (компонената), а њен смер са смером веће силе (компоненте).

За слагање две силе чији правци деловања заклапају одређен угао може се користити тзв. **правило паралелограма**:

Над датим силама конструише се паралелограм; дијагонала тог паралелограма одговара интензитету резултантне.

• Поступак супротан слагању сила је **разлагање сила**. При разлагању се деловање једне силе замењује деловањем двеју сила које се зову **компоненте сила**. Обично се дата сила разлаже на две компоненте дуж праваца који заклапају прав угао ( $90^\circ$ ).

- Најједноставнији случај равнотеже тела је када на њега делују две силе једнаких интензитета и истог правца са супротним смеровима.

- Свако чврсто тело које се може обртати око непокретне тачке ослонца или око утврђене осовине (осе) може се користити као **полуга**. Полуга омогућава да се мањом силом савлада већи терет.

Нормално растојање између ослонца полуге и правца деловања силе зове се **крак силе**, а нормално растојање између ослонца полуге и правца деловања тежине терета је **крак терета**.

**Интензитет момента силе** једнак је производу интензитета силе и крака силе:

$$M_s = F \cdot a.$$

По аналогији **интензитет момента тежине терета** је:  $M_T = Q \cdot b$ .

Да би се полула налазила у стању равнотеже треба да буде интензитет момента силе једнак интензитету момента тежине тела (терета):

$$F \cdot a = Q \cdot b.$$

- **Архимедов закон:** Сила потиска која делује на потопљено или делимично уроњено тело у течност или гас, једнака је тежини течности (гаса), истиснуте тим телом и усмерена је супротно смеру тежине тела (Земљине теже).

Интензитет силе потиска (Архимедове силе) израчунава се помоћу обрасца:

$$F_p = \rho g V,$$

где су  $\rho$  – густина течности (или гаса),  $g$  – убрзање Земљине теже ( $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ) и  $V$  – запремина уроњеног тела (или дела тела).

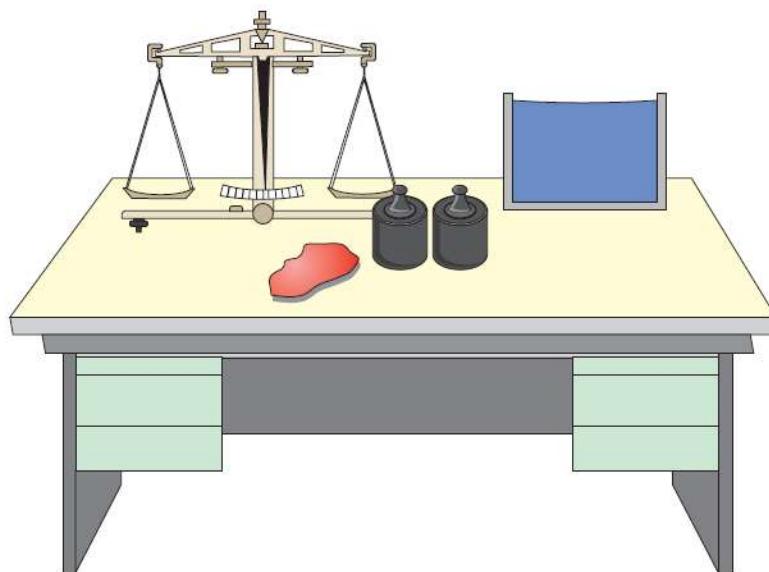
Када је средња густина тела већа од густине течности, оно у њој тоне; ако је средња густина тела мања од густине течности, тело плива и у случају да је средња густина тела једнака густини течности, тело лебди.

## ПЕТА ЛАБОРАТОРИЈСКА ВЕЖБА

### ОДРЕЂИВАЊЕ ГУСТИНЕ ЧВРСТИХ ТЕЛА ПРИМЕНОМ АРХИМЕДОВОГ ЗАКОНА

#### Прибор

Теразије, комплет тегова, тело чија се густина одређује, суд са водом и додатно постолje за суд са водом у који се потапа тело.



#### Ток рада

1. О један крак теразија помоћу танког конца (занемарљиве масе) окачите тело неправилног облика и измерити његову масу ( $m$ ).

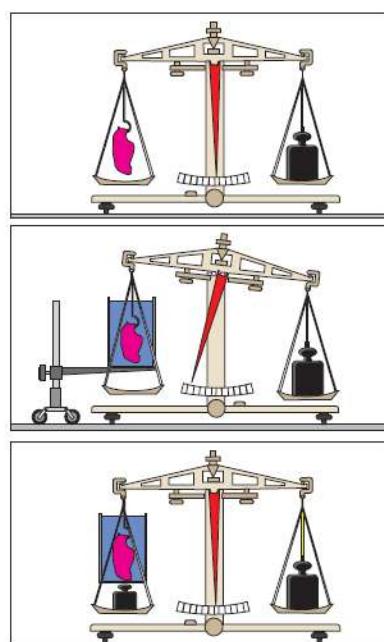
2. Тело потопите у суд са водом тако да не додирује зидове суда. Суд је на сталку који не додирује тас теразија. Тада ће се пореметити равнотежа на теразијама услед деловања сile потиска.

3. Додајте тегове на тас о који је окачено потопљено тело у суд са водом, тако да се поново успостави равнотежа. Знамо да је маса воде у грамима бројно једнака њеној запремини у кубним центиметрима. То значи да је маса додатих тегова у грамима бројно једнака запремини истиснуте воде, односно запремини воде  $V$  у кубним центиметрима.

4. Применом формуле

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

израчунајте густину тела.



5. Податке добијене мерењем унесите у табелу.

Маса тела $m$ [kg]	Маса додатих тегова (истиснуте воде) $m_1$ [kg]	Запремина воде истиснуте телом $V$ [m <sup>3</sup> ]	Густина тела $\rho$ [kg / m <sup>3</sup> ]

Закључак:

Средња вредност, апсолутна и релативна грешка:

---

---

---

---

**Напомена:** Добијене вредности за густину тела су релативно тачне зато што се запремина тела овом методом (применом Архимедовог закона) мери са тачношћу 0,01 cm<sup>3</sup>, а што се не може постићи мерењем мензуром.

## ПИТАЊА И ЗАДАЦИ СА ОДГОВОРИМА И РЕШЕЊИМА

1. Може ли тело бити у равнотежи ако на њега делује само једна сила?

**Одговор:**

Тело не може бити у равнотежи ако на њега делује само једна сила.

2. Колики је угао који треба да заклапају правци двеју сила, да би интензитет њихове резултанте имао минималну вредност?

**Одговор:**

Да би резултанта двеју сила имала минималну вредност, обе силе морају да имају исте правце и супротне смерове, тј. да њихови правци деловања заклапају једао од  $180^\circ$ .

3. Подморница се креће равномерно праволинијски кроз водену средину. Које све силе делују на подморницу и да ли се она налази у стању равнотеже?

**Одговор:**

На подморницу делују сile: сила тописка, сила отпора воде, Земљина тежа и сила вуче мотора. Подморница је у стању динамичке равнотеже.

4. Кишне капи падају на земљу релативно малим брзинама, због тога што на њима успоравање пресудно утиче:

- а) сила потиска;
- б) сила отпора ваздуха;
- в) Земљина тежа?

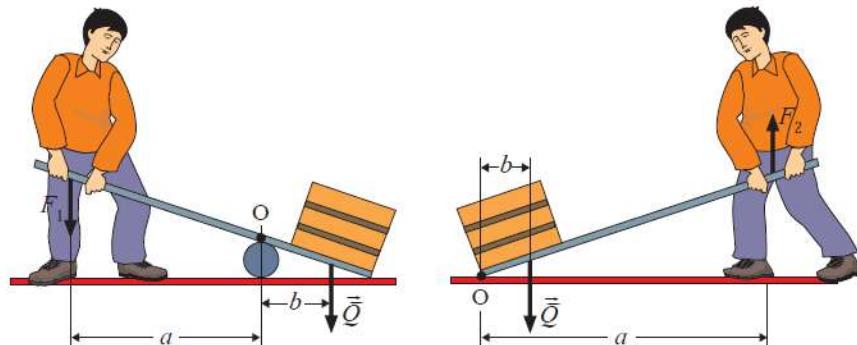
**Одговор:** Под б)

5. Које врсте полууга постоје?

**Одговор:**

Зависно од положаја најадне тачке тежине тешета, најадне тачке сile и тачке ослонца, толуја може бити: једноснагана (најадна тачка тежине тешета и најадна тачка сile налазе се са исте стране тачке ослонца) и двоснагана толуја (тачка ослонца је између најадних тачака тежине тешета и сile).

Зависно од међусобног односа дужине кракова толуја може бити равнокрака (исте дужине крака тешета и крака сile, као код теразија) и разнокрака толуја (различите дужине кракова као код кантера).



6. Под којим условом је полуѓа у равнотежи?

**Одговор:**

Полуѓа је у равнотежи када су интензитети момената сile и момената тежине тела (тештина) једнаки ( $M_s \cdot a = M_T \cdot b$ ).

7. Шта је крак сile а шта крак терета?

**Одговор:**

Крак сile је најмање распојање од тачке ослонца йолуће до најадне тачке сile, а крак тежине тештина (тела) најмање распојање од тачке ослонца до најадне тачке тежине тештина.

8. На материјалну тачку делују две сile под углом од  $90^\circ$  (слика). Одредити резултанту тих сила: а) графички и б) рачунски.

Једном подељку на бројним осама одговара сила од 1 N.

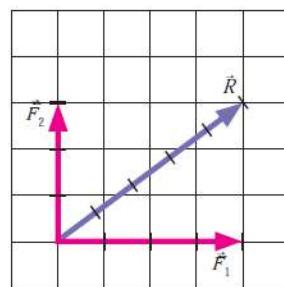
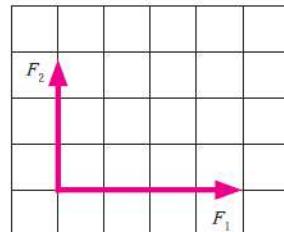
**Решење:**

а) **графички:** користећи правило паралелограма добија се да је интензитет резултанте:  $R = 5 \text{ N}$ .

б) **рачунски:** до истиот резултант се долази и рачунским путем:

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

$$R = 5 \text{ N}.$$



9. Ако се на витрину са књигама делује силом интензитета 200 N, она се креће равномерно праволинијски по хоризонталној подлози. Када се из витрине изваде књиге, она ће се кретати равномерно праволинијски под дејством сile 150 N. Ако су правци деловања датих сила паралелни са подлогом, одредити масу књига, које су се налазиле у витрини. Коефицијент трења између витрине и подлоге (пода) је 0,4. За убрзање Земљине теже узети  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

**Подаци:**  $F_1 = 200 \text{ N}$ ,  $F_2 = 150 \text{ N}$ ,  $\mu = 0,4$ ,  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $m = ?$

Интензитет сile којом се делује на витрину са књигама једнак је интензитету сile трења (динамичка равнотежа):

$F_1 = \mu (M + m) g$ ,  
 где су  $M$  – маса витрине и  $m$  – маса књига.

$$M + m = \frac{F_1}{\mu g} = \frac{200 \text{ N}}{0,4 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 50 \text{ kg}.$$

На аналојан начин, налази се и маса ћразне витрине:

$$F_2 = \mu Mg, \text{ односно:}$$

$$M = \frac{F_2}{\mu g} = \frac{150 \text{ N}}{0,4 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 37,5 \text{ kg}$$

Маса књића које су се налазиле у витрини износи:

$$m = 50 \text{ kg} - 37,5 \text{ kg} = 12,5 \text{ kg.}$$

**10.** Сила вуче локомотиве је 150 kN, а сила трења између точкова и шина при кретању је 130 kN. Колики је интензитет резултанте и какво је кретање воза?

**Подаци:**  $F_v = 150 \text{ kN}$ ,  $F_t = 130 \text{ kN}$ ;  $R = ?$

Интензитет резултанте је

$$R = F_v - F_t = 20 \text{ kN.}$$

Воз се креће равномерно убрзано.

**11.** Милан вуче санке по хоризонталној леденој површини силом интензитета од 4 N. Колики је интензитет вучне силе коју би Милан морао да користи ако на санке седне његов млађи брат Борис, чија је тежина 400 N? Коефицијент трења између санки и леда је 0,1. Сматрати да се санке крећу равномерно праволинијски у оба случаја.

**Подаци:**  $F_1 = 4 \text{ N}$ ,  $Q = 400 \text{ N}$ ,  $\mu = 0,1$ ;  $F_2 = ?$

Интензитет силе вуче којом Милан делује на ћразне санке једнак је интензитету силе трења (динамичка равнотежа):

$$F_1 = F_{t_1} = \mu Q_1; Q_1 = \frac{F_1}{\mu} = \frac{4 \text{ N}}{0,1} = 40 \text{ N, где је } Q_1 - \text{тежина санки.}$$

Интензитет силе вуче коју би Милан морао да употреби, ако на санке седне Борис, износи:

$$F_2 = F_{t_2} = \mu (Q + Q_1) = 0,1 (400 \text{ N} + 40 \text{ N}) = 44 \text{ N.}$$

**12.** Чврсти штап хомогеног састава има дужину 1 m. Где, у односу на средину штапа, треба да буде ослонац па да тела тежине 5 N и 15 N, која висе на крајевима штапа, буду у равнотежи? Занемарити масу штапа.

**Подаци:**  $\ell = 1 \text{ m}$ ,  $Q_1 = 5 \text{ N}$ ,  $Q_2 = 15 \text{ N}$ ;  $a = ?$ ,  $b = ?$

Тачка ослонца штапа налази се из услова равнотеже момената тежине тела:

$$Q_1 \cdot a = Q_2 \cdot b.$$

Заменом вредности тежине тела, налази се:

$$a = 3 b.$$

Пошто је:  $a + b = \ell$ , тада је:

$$a = 0,75 \text{ m}; b = 0,25 \text{ m.}$$

**13.** Отац тежине 800 N и његов син тежине 400 N, седе на клацкалици са супротивних страна тачке ослонца (клацкалица је у равнотежи). Ако је растојање од тачке ослонца клацкалице до нападне тачке тежине оца 1,5 m, одредити растојање од тачке ослонца до нападне тачке тежине дечака.

**Подаци:**  $Q_1 = 800 \text{ N}$ ,  $Q_2 = 400 \text{ N}$ ,  $a = 1,5 \text{ m}$ ;  $b = ?$

Услов равнотеже клацкалице на којој седе отац и син је:

$$b = \frac{Q_1 \cdot a}{Q_2} = 3 \text{ m.}$$

**14.** На једном крају полуге обешено је тело тежине 100 N. Растојање од нападне тачке тежине тела до тачке ослонца је 15 cm. Колика је вредност сile којом треба деловати на други крај полуге да би она била у равнотежи? Дужина полуге је 40 cm.

**Подаци:**  $Q = 100 \text{ N}$ ,  $b = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$ ,  $a + b = 0,40 \text{ m}$ ;  $F = ?$

Полуга је у стању равнотеже по условом да су вредносити моменита тежине тела (шерета) и моменита сile једнаке:

$$M_T = M_s, \text{ односно: } Q \cdot b = Fa.$$

$$\text{Одавде је: } F = \frac{Q \cdot b}{a} = \frac{100 \text{ N} \cdot 0,15 \text{ m}}{0,25 \text{ m}} = 60 \text{ N.}$$

**15.** Челични брод плива по води. Зато што је:

- а) његова средња густина већа од густине воде;
- б) његова средња густина мања од густине воде;
- в) његова средња густина једнака густини воде;
- г) не знам.

**Одговор:** Пог б).

**16.** Познато је да тело плива ако је густина течности већа од густине тела,тоне ако је густина течности мања од густине тела и тело лебди ако су густине течности и тела једнаке. Како онда објаснити пример подморнице: она може да плива на површини воде, да лебди и да се спушта према дну мора, океана?

**Одговор:**

У подморници постоји посебан резервоар у који се помоћу посебних помпама, доводи и одводи вода. Када је резервоар празан, подморница има мању средњу турбину од турбине морске воде и тада плива. Када је резервоар пун воде, подморница тоне. При одређеној количини воде у резервоару, средња турбина подморнице је једнака турбини морске воде и тада подморница лебди у води.

**17.** Тежина тела у ваздуху је 50 N, а у течности (води) 31,5 N. Одредити интензитет сile потиска?

**Подаци:**  $Q_v = 50 \text{ N}$ ;  $Q_t = 31,5 \text{ N}$ ;  $F = ?$

Интензитет сile потиска једнак је разлици интензитета тежина тела у ваздуху и течности (води).

$$F = Q_v - Q_t = 50 \text{ N} - 31,5 \text{ N} = 18,5 \text{ N.}$$

**18.** Ако је укупна запремина санте леда  $1030 \text{ m}^3$ , наћи део запремине леда који се налази испод површине воде? Густина леда је  $900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ , а густина воде у океану (мору) износи  $1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

**Подаци:**  $V = 1030 \text{ m}^3$ ,  $\rho_1 = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ,  $\rho_2 = 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ;  $V = ?$

Изједначавањем интензитета тежине санте леда са интензитетом силе тописка, добија се:

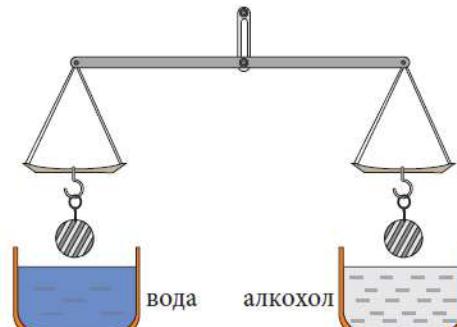
$$Q = F; \quad mg = \rho_2 g V_2; \quad \rho_1 V g = \rho_2 g V_2$$

$$V_2 = \frac{\rho_1 V}{\rho_2} = \frac{900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1030 \text{ m}^3}{1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 900 \text{ m}^3.$$

Изнад површине воде „вири“ део санте леда, чија је запремина  
 $V_1 = 1030 \text{ m}^3 - 900 \text{ m}^3 = 130 \text{ m}^3$ .

**19.** За тасове теразија окочене су две једнаке гвоздене кугле (слика). Да ли ће се пореметити равнотежа теразија ако се једна од кугли потопи у воду, а друга у алкохол? Густина воде је већа од густине алкохола.

Пошто је густина воде већа, на кућлу која се у њу зарони делује већа сила тописка па се зато и равнотежа ремети (квари). Пређеје час са кућлом зароњеном у алкохол (мања густина и сила тописка).

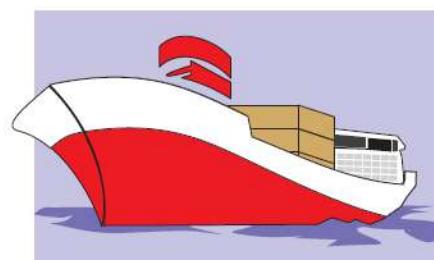


**20.** Тежина брода на копну је  $50 \text{ MN}$ . Када се порине и натовари, тај брод истисне  $15\,000 \text{ m}^3$  воде. Израчунати тежину терета? Узети да је густина воде  $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

**Подаци:**  $Q_k = 50 \text{ MN}$ ,  $V = 15\,000 \text{ m}^3$ ,

$$\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \quad Q_t = ?$$

У суштију равнотеже је:



$$Q_t = \rho g V - Q_k = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 15\,000 \text{ m}^3 - 50\,000\,000 \text{ N}$$

Према томе, тешак на броду је:  $Q_t = 97,15 \text{ MN}$ .

**21.** Тежина кромпира у ваздуху је 2,26 N, а у води 0,26 N. Одредити густину кромпира. Густина воде је  $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

**Подаци:**  $Q_1 = 2,26 \text{ N}$ ,  $Q_2 = 0,26 \text{ N}$ ,  $\rho_v = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ,  
 $\rho_k = ?$

Интензитет сила поиска је  $F = Q_1 - Q_2 = 2 \text{ N}$ , а то је и тежина исписнуте воде. Знамо да је:  $F = \rho g V$ , где је  $V$  – затримина исписнуте течности, односно кромпира.

Oдавде је:

$$V = \frac{F}{\rho g} = \frac{2 \text{ N}}{1000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 0,000204 \text{ m}^3$$

Густина кромпира износи:

$$Q_1 = mg = \rho_k Vg, \text{ односно:}$$

$$\rho_k = \frac{Q_1}{Vg} = \frac{2,26 \text{ N}}{0,000204 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 1129,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

**22.** Колики је најмањи интензитет сила коју треба употребити да се из воде подигне комад гранита? Тежина гранита у ваздуху је 1000 N. Густина гранита је  $2600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ , а воде  $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

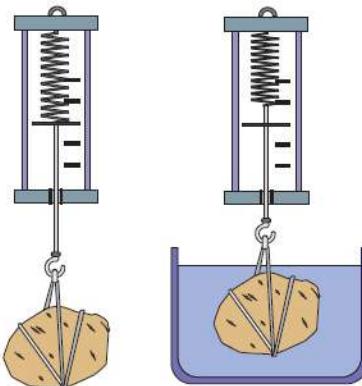
**Подаци:**  $Q = 1000 \text{ N}$ ,  $\rho = 2600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ,  $\rho_v = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ;  $F = ?$

Најмањи интензитет сила коју треба употребити за подизање комада гранита у води једнак је разлици његове тежине у ваздуху и силе поиска у води:

$$F = Q - F_p = Q - \rho_v g V = Q - \rho_v g \frac{m}{\rho} = Q - \rho_v g \frac{Q}{g} \cdot \frac{1}{\rho}$$

$$F = Q - \rho_v Q \cdot \frac{1}{\rho} = Q \left( 1 - \frac{\rho_v}{\rho} \right) = 1000 \text{ N} \cdot \left( 1 - \frac{\frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}} \right)$$

$$F = 615,4 \text{ N.}$$



**23.** Колика је сила потиска (Архимедова сила) у бестежинском стању?

**Одговор:**

Знамо да се сила хидростатичкој притиска јављаје услед тежине течности (гас-ној) струба, дакле, последица Земљине теже. У бестежинском стању, тежина тела (течности или гасној струба) једнака је нули, што значи, да не постоји сила притиска, а тиме ни сила постиска. У бестежинском стању сила постиска је једнака нули.

**24.** Два тела једнаких запремина: једно од олова, а друго од алуминијума, потопљена су у исту течност. На које тело делује већа сила потиска?

**Одговор:**

На оба тела делују једнаке силе постиска. Интензитет сите постиске једнак је интензитету тежине исписнуте течности. Они су у оба случаја једнаки (иста количина течности се испискује преликом постапања ових тела).

## ТЕСТ ЗНАЊА

**1.** На тело делују две сile. Који је услов да тело буде у стању равнотеже?

**Број поена 5**

**2.** Под којим условом две сile имају резултанту максималне вредности?

**Број поена 5**

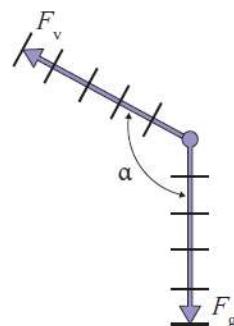
**3.** На тело делују две сile чији су интензитети:  $F_1 = 12 \text{ N}$  и  $F_2 = 8 \text{ N}$ . Може ли њихова резултанта имати вредности:

- a) 4 N;                          b) 3 N;  
6) 20 N;                          g) 16 N.

**Број поена 10**

**4.** На слици су приказане: сила вуче и гравитациона сила које делују на тело. Нaђи резултанту тих сила ако њихови правци деловања заклапају угао од  $120^\circ$ . Једном подеоку на слици одговара интензитет сile од 100 N.

**Број поена 10**



**5.** Како се мења брзина падобранца, а како сила отпора ваздуха после отварања падобрана? Под којим условима падобранац пада сталном брзином?

**Број поена 5**

**6.** Архимед је говорио: „Дајте ми тачку ослонца и ја ћу полулогом подићи Земљу“. Како тумачити ову тврдњу?

Број поена 5

**7.** Закон полуге подразумева статичку равнотежу, тј. једнакост:

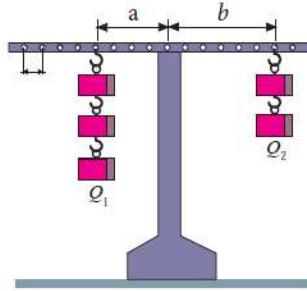
- а) силе која делује на полугу и тежине терета;
- б) момента силе и момента тежине терета;
- в) крака силе и крака терета;
- г) не знам.

Број поена 5

**8.** Зашто квака на вратима није учвршћена на средини врата, или можда ближе шаркама?

Број поена 10

**9.** Да ли је полуга на слици у равнотежи? Тегови имају једнаке масе. Ако равнотежа није постигнута, како треба распоредити тегове да би она постојала? Постоји ли више решења?



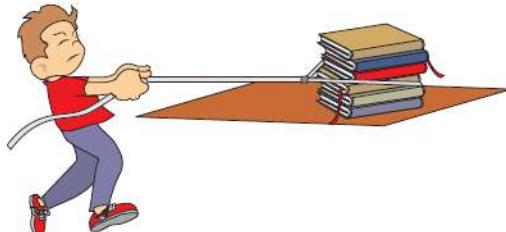
Број поена 5

**10.** Санке са теретом имају тежину 10 kN. Колика вредност силе вуче треба да буде да би се санке кретале равномерно праволинијски (стална брзина) по хоризонталној површини? Коефицијент трења је 0,02.

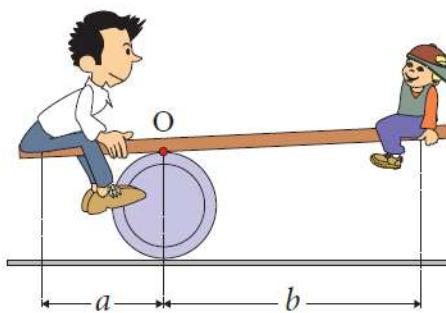
Број поена 5

**11.** Дечак вуче комплет књига укупне масе 20 kg по хоризонталној површини стола. Интензитет силе вуче којом се делује на књиге паралелно са површином стола је 80 N. Слог књига се помера равномерно праволинијски. Одредити коефицијент трења између књига и подлоге. Убрзање Земљине теже је  $9,81 \frac{m}{s^2}$ .

Број поена 10



**12.** Дечак тежине 400 N седи на клацкалици на растојању 3 m од тачке ослонца. На којем растојању од тачке ослонца треба да седи његов отац тежине 800 N да би се успоставила равнотежа? Занемарити масу клацкалице.



Број поена 5

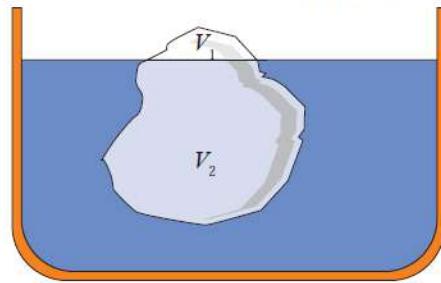
13. На крајевима клацкалице дужине 4 m (хомогеног састава) са тачком ослонца на средини седе отац и мајка. Отац има масу 70 kg, а мајка 60 kg. Где њихов син треба да седне на клацкалицу па да она буде у равнотежи? Маса сина је 20 kg.

Број поена 10

14. Како се мења сила потиска на тело на различитим дубинама испод површине течности?

15. Одредити део запремине санте леда изнад површине воде? Хоће ли тај део санте леда бити исти у морској и језерској (речној) води? Густина леда је  $0,92 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ , морске воде  $1,03 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ , а слатке воде  $1,01 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

Број поена 5



Број поена 10

# МЕХАНИЧКИ РАД И ЕНЕРГИЈА. СНАГА

## МЕХАНИЧКИ РАД

У свакодневном животу реч **рад** веома често се користи. У општем смислу означава свесно организовану делатност која се обавља ради постизања неког корисног учинка којим се може задовољити одређена врста посебних (личних), заједничких или производних потреба. У том смислу користе се различити термини, нпр. умни рад, физички рад, рад машина, животиња итд.

Рад као физичка величина има одређено (конкретно) значење, строгу дефиницију и јединицу мере. Користи се у свим областима физике (механика, термодинамика, електростатика, електродинамика итд).

Најједноставнији облик рада је **механички рад**.

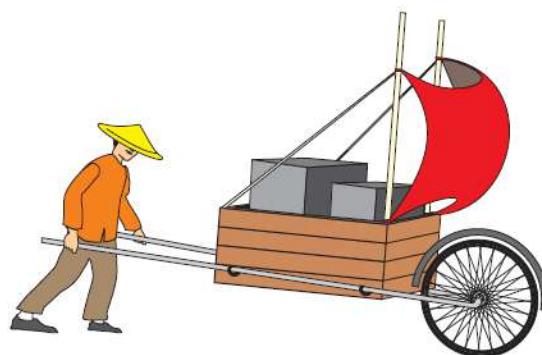
На слици 4.1 је пример којим се илуструје механички рад. Да би човек по-мерао колица, треба на њих да делује силом својих мишића. Рад је већи када су колица више оптерећена (тада се мора деловати силом већег интензитета) и ако она прелазе дужи пут.

Претпоставимо да сила сталног интензитета делује на тело које се под њеним утицајем креће праволинијски. При томе се правац и смер те силе поклапају са правцем и смером кретања тела (сл. 4.2). На путу  $s$  који је тело превалило под дејством сile интензитета  $F$  извршени рад  $A$  је дефинисан изразом:

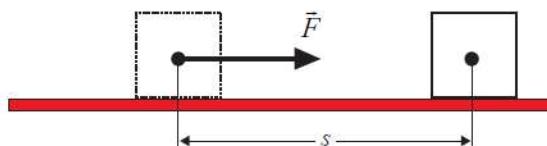
$$A = F \cdot s$$

**Механички рад сталне сile једнак је производу интензитета сile и дужине пређеног пута, ако се кретање тела врши у правцу деловања сile.**

Ова једноставна дефиниција механичког рада важи ако су испуњена два услова: интензитет сile се не мења у току њеног деловања и правац њеног деловања се поклапа са правцем кретања тела.



Сл. 4.1. Илустрација механичког рада



Сл. 4.2. Рад сile дуж праволинијског пута

## Рад сталне сile која делује под углом у односу на правац кретања

При вршењу рада у механици сила често делује под углом у односу на правац кретања тела. На пример, сила  $\vec{F}$ , којом човек вуче чамац помоћу ужета има коси правац као и уже (сл. 4.3). Међутим, чамац се не креће у правцу ужета већ у хоризонталном правцу по површини воде. Израчунавање рада у овом случају је нешто сложеније него када се тело креће у правцу деловања силе. Овде се стална сила  $\vec{F}$  разлаже на пасивну  $\vec{F}_n$  и активну компоненту  $\vec{F}_p$  (сл. 4.3). Пасивна компонента  $F_n$  је нормална на правац кретања тела (чамца) и не утиче на његово кретање (она је поништена тежином тела, односно чамца). Активна (паралелна) компонента делује у хоризонталном правцу и покреће чамац; дакле, врши рад (зато је и назvana активна компонента). Рад сталне силе, која делује под углом у односу на правац кретања тела, своди се на рад њене активне (паралелне) компоненте  $F_p$ .

Према томе, рад сталне силе чији правац деловања заклапа одређен угао са правцем кретања тела, одређен је формулом:

$$A = F_p s.$$

**Рад константне силе чији правац деловања заклапа угао са правцем кретања тела једнак је производу интензитета њене активне компоненте (паралелне са правцем кретања) и дужине пута који тело пређе.**

Јединица рада је цул (J): рад од једног цула изврши сила од једног њутна на путу од једног метра ако делује паралелно са правцем кретања тела.

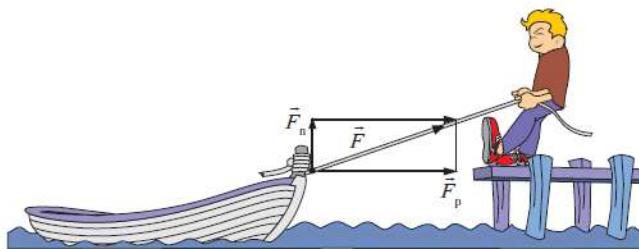
$$J = N \cdot m = kg \frac{m^2}{s^2}.$$

Вредност рада, зависно од угла ( $\alpha$ ) између правца сile и правца кретања тела, може да буде позитивна, негативна или једнака нули.

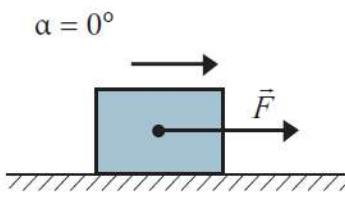
Максимална вредност рада је када правац сile и правац пута заклапају угао  $\alpha = 0^\circ$  (сл. 4.4).

Када сила делује под оштрим углом ( $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ ) у односу на правац дуж кога се тело креће, рад је позитиван. У том случају смер сile (или њене активне компоненте) поклапа се са смером кретања тела и она узрокује или подржава (потпомаже) кретање тела (сл. 4.5).

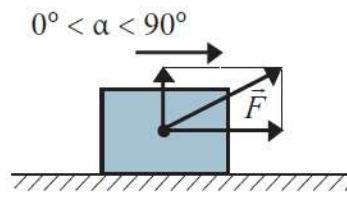
Позитиван рад је, рецимо, рад сile којом коњ вуче кола; рад сile затезања ужета којом дизалица подиже терет на неку висину; рад Земљине теже при спуштању скијаша низ падину, итд.



Сл. 4.3. Рад сile којом се вуче чамац



Сл. 4.4. Максималан рад



Сл. 4.5. Позитиван рад

Ако сила делује под правим углом у односу на правац кретања тела (сл. 4.6) или ако се тело налази у стању мировања, рад је једнак нули. Прецртана сила  $\vec{F}$  означава да ову силу поништава Земљина тежа. Исто се односи и на слику 4.8.

На пример, дизалица која држи терет на некој висини (терет је у стању мировања) не врши рад, тачније, рад не врши сила затезања ужета за који је терет обешен. Али, и када се терет креће у хоризонталној равни, рад сице којом дизалица држи терет такође је нула, јер је сила затезања ужета нормална на правац кретања тела. Месец се креће око Земље под утицајем њене гравитационе силе, али је при томе рад те сице једнак нули јер она нормално делује на правац кретања Месеца...

#### Сила која делује нормално на правац кретања тела не врши рад.

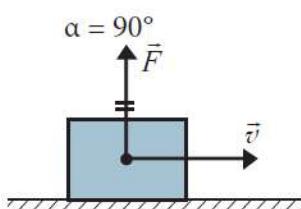
У случају да сила  $\vec{F}$  делује под тупим углом у односу на правац кретања тела ( $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$ ), рад има негативну вредност (сл. 4.8).

Сила  $\vec{F}$  која делује на тело (сл. 4.8) разлаже се на две компоненте: нормална компонента коју поништава Земљина тежа и хоризонтална активна компонента чији је смер супротан од смера кретања тела и она врши негативан рад.

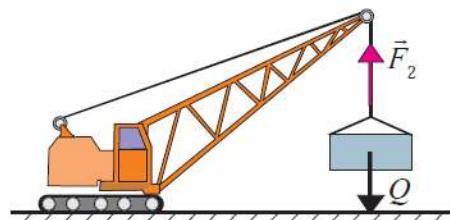
Сила трења, увек делује у супротном смjeru од смера кретања тела, тј. под углом  $180^\circ$  у односу на правац пута и њен рад је негативан (сл. 4.9). Сила отпора средине, нпр. пливача у води, такође врши негативан рад (сила отпора увек делује у супротном смjeru од смера кретања тела). Негативан рад је и рад Земљине теже при подизању тела на неку висину или при ходању уз степенице итд.

Када се говори о раду у механици обично се мисли на рад који се врши деловањем сице дуж неког пута. Међутим, сила врши механички рад и у случају када под њеним дејством тело мења облик, нпр. при истезању или сабирању металне опруге. (О тој врсти механичког рада биће више речи у средњој школи).

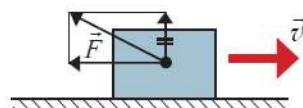
Сила врши рад и кад се телу које се креће повећава или смањује брзина. На пример, ако на колица (или неко друго тело)



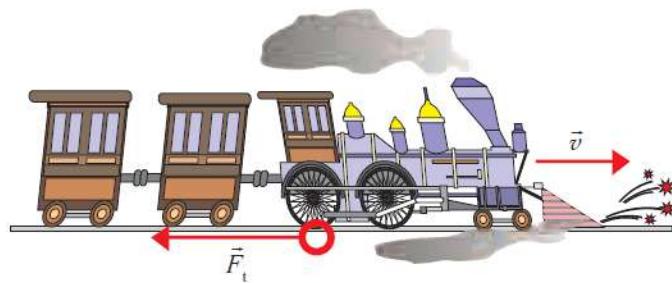
Сл. 4.6. Рад једнак нули



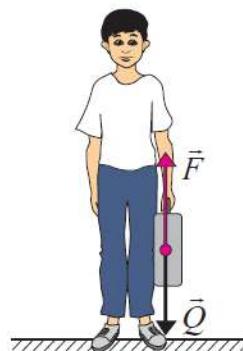
Сл. 4.7. Рад дизалице



Сл. 4.8. Негативан рад



Сл. 4.9. Сила трења врши негативан рад



Сл. 4.10. Сила не врши рад (кофер се не покрема)

која се крећу, почне да делује сила у смеру кретања, долази до повећања њихове брзине и при томе сила врши рад. Сила трења и сила отпора ваздуха, воде или неке друге средине смањује брзину тела и такође врше рад.

Човек у стању мировања држи кофер у руци (сл. 4.10). При томе, он делује на кофер силом, која је по интензитету једнака тежини кофера, али не врши рад, јер се кофер не помера. У случају да се тело креће равномерно праволинијски (сталном брзином) без деловања силе, или су силе међусобно поништене (по инерцији), рад се не врши.

**Да би се вршио механички рад треба да делује сила на тело и да се оно креће или деформише услед њеног деловања.**

## МЕХАНИЧКА ЕНЕРГИЈА

У свакодневном животу реч **енергија** има више значења. Говори се о енергији људи (физичка и умна енергија), о енергији која се проучава у физици (физичка енергија), енергији животиња, машина...

У физици енергија је величина која има конкретно значење, прецизну дефиницију и мерну јединицу. У току изучавања физике упознаћемо разне врсте енергија: механичку, електричну, магнетну, топлотну, светлосну, нуклеарну. Овом приликом упознаћено најједноственији облик енергије – **механичку енергију**.

У механици постоје два основна облика енергије: **кинетичка и потенцијална енергија**.

## КИНЕТИЧКА ЕНЕРГИЈА

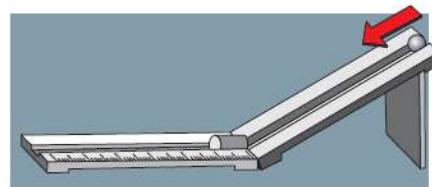
Један од облика механичке енергије јесте енергија коју имају тела (честице) у стању кретања. Та енергија се назива **кинетичка енергија**.

Тела у кретању имају кинетичку енергију и могу да обављају одговарајући рад. Кугла која се креће при удару у другу куглу у стању мировања, помера је са једног на друго место и при томе се врши одређени рад. Речна вода обрће воденични точак ударажуји у његове лопатице, а ветар покреће једрилицу. У оба случаја врши се рад. У овим примерима кугла, вода и ваздух располажу енергијом.

**Способност тела да у стању кретања врше рад изражава се помоћу величине која се зове кинетичка енергија.**

**Енергија тела у стању кретања је кинетичка енергија.**

Огледом се може установити од чега зависи кинетичка енергија тела (сл. 4.11). Потребне су две даске са жлебом по средини, од којих се једна поставља косо а друга хоризонтално у продужетку прве.



Сл. 4.11. Ојлев којим се утврђује ог чеја зависи кинетичка енергија тела

На почетку косог жлеба из исте тачке пуштају се гвоздене куглице различитих маса. Пошто се све куглице пуштају из исте тачке косог жлеба, оне једнаким брзинама ударају у ваљак који се налази на почетку хоризонталног жлеба.

Запажа се да куглица највеће масе најдаље помера ваљак. Закључујемо:

**Кинетичка енергија тела сразмерна је његовој маси.**

Ако се иста куглица пушта из различитих тачака нагнутог жлеба, најдаље се помера ваљак под ударом куглице испуштене из тачке са највеће висине. То је било нормално очекивати јер тада куглица највећом брзином удара у ваљак, па располаже највећом кинетичком енергијом. Показује се да зависност има квадратни облик односно да је:

**кинетичка енергија тела сразмерна квадрату његове брзине.**

Обједињавањем претходна два закључка долази се (експерименталним путем) до формуле за израчунавање кинетичке енергије тела:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

**Кинетичка енергија тела једнака је половини производа његове масе и квадрата брзине.**

Израз за кинетичку енергију тела (честице) може се извести на следећи начин. Према Другом Њутновом закону интензитет сталне силе је:

$$F = ma$$

Знамо, такође, да је интензитет брзине на крају пређеног пута, у случају да се тело креће праволинијски под дејством сталне силе:

$$v^2 = 2as, \text{ односно } a = \frac{v^2}{2s}$$

Константна сила чији се смер поклапа са смером кретања тела, врши рад:

$$A = F s = m a s = \frac{mv^2}{2}$$

Овом раду одговара кинетичка енергија

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2.$$

Добија се, дакле, исти израз за кинетичку енергију, до којег смо претходно дошли на основу експерименталних података.

Мерна јединица кинетичке енергије тела као и енергије уопште иста је као и јединица за рад: **џул (J)**.

## ПОТЕНЦИЈАЛНА ЕНЕРГИЈА

Установили смо да је кинетичка енергија условљена кретањем тела. Али тела могу да имају енергију и у стању мировања. На пример, јабука са гране дрвета, при паду, услед Земљиног привлачења, врши рад; вода која пада са одређене висине врши рад окрећући лопатице турбине хидроцентрале; затегнути лук, после пуштања, врши рад избацујући стрелу; сабијена или истегнута метална опруга при повратку у недеформисано стање може да помери тело које је за њу закачено, односно да врши рад; сабијена опруга дечјег пиштоља, када се отпustи, врши рад при избацивању лоптице из пиштоља... То су неки примери који показују да тело на некој висини у односу на површину Земље или деформисано тело располажу одређеном енергијом и када се налазе у стању мировања. Тада облик енергије зове се **потенцијална енергија**.

Енергија, условљена узајамним положајем тела која међусобно делују, или деформацијом тела, назива се **потенцијална енергија**.

Зависно од врсте међусобног деловања (интеракције) тела постоје: **гравитациони потенцијална енергија, потенцијална енергија сile еластичности, електростатичка потенцијална енергија** итд.

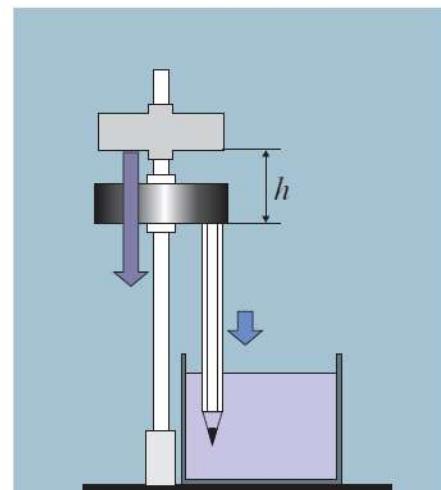
### Потенцијална енергија Земљине гравитационе силе

Гравитациона потенцијална енергија односи се на систем Земља – тело. Због велике разлике у масама између Земље и тела, гравитационо деловање се испољава само у кретању тела. Међусобно деловање своди се, dakле, само на деловање Земље на тело. При томе, треба имати на уму да и тело делује на Земљу силом истог интензитета, али супротног смера (Трећи Њутнов закон), али се „померање“ Земље под дејством тела не опажа (зато се занемарује).

За одређивање гравитационе потенцијалне енергије тела потребно је израчунати рад који се изврши при подизању тела. Показаћемо то огледом (сл. 4.12).

На вертикалну металну шипку стављену вертикално на столу, навуче се тег који може да клизи наниже, практично без трења. Испод тега поставља се посуда са песком који додирује заострени крај оловке која прати кретање тега (сл. 4.12).

На висини  $h$  у односу на горњи крај оловке тег има одређену потенцијалну енергију. Када се тег ослободи и падне са те висине, он ће оловку утиснути у песак и при томе се изврши одређени рад. Да су се са исте висине спустила два таква тега постављени један на други, оловка би два пута дубље продрла у песак (два пута већи рад). Исти ефекат се постиже и када се један тег пусти са два пута веће висине. Значи, да је потенцијална енергија тега сразмерна његовој тежини и висини изнад горњег краја оловке.



Сл. 4.12. Одређивање потенцијалне енергије тела

Гравитациона потенцијална енергија тела  $E_p$  на одређеној висини  $h$  (сл. 4.13) једнака је раду извршеном за његово подизање, односно раду који изврши Земљина гравитациона сила при паду тела са дате висине. На основу тога је:

$$E_p = A = F_g \cdot s \text{ (где су: } F_g = mg \text{ и } s = h)$$

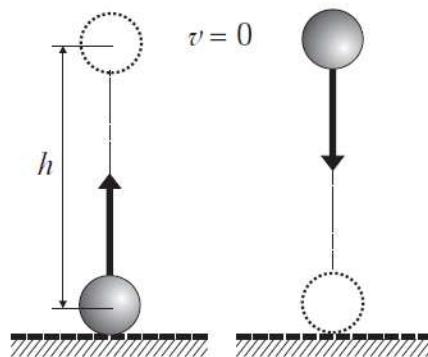
$$E_p = mgh$$

**Потенцијална енергија тела Земљине гравитационе сile једнака је производу масе тела, убрзаша Земљине гравитационе сile и висине положаја изнад Земљине површине (или у односу на неки други изабрани ниво).**

Гравитациона потенцијална енергија тела је већа што је већа маса тела и што је већа висина положаја тела изнад Земљине површине.

Узима се да је на површини Земље потенцијална енергија (условно) једнака нули. За нулту вредност потенцијалне енергије могла се узети и енергија тела у неком другом положају (као што је био случај у претходном огледу). Дакле, вредност гравитационе потенцијалне енергије тела је релативна (зависи од избора нивоа у односу на који се рачуна висина положаја тела).

Кинетичка и гравитациона потенцијална енергија, као и енергија уопште, изражавају се у јединицама рада, тј у џулима (J).



Сл. 4.13. Гравитациона потенцијална енергија тела

## ВЕЗА МЕХАНИЧКЕ ЕНЕРГИЈЕ И РАДА

**Рад и кинетичка енергија тела.** У разматрању везе између кинетичке енергије и рада поћи ћемо од најједноставнијег израза за рад (од рада који врши сила константног интензитета и чији правцац се поклапа са правцем кретања тела):

$$A = F \cdot s$$

Према Другом Њутновом закону је  $F = ma$ , па је:

$$A = mas$$

Узимајући у обзир формулу која повезује брзину и пређени пут, до датог тренутка, при равномерно убрзаном кретању са почетном брзином:  $v^2 = v_0^2 + 2as$ , налази се:

$$A = ma \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mv_0^2 = E_k - E_{k_0}, \text{ односно}$$

$$A = \Delta E_k$$

**Рад сile једнак је разлици крајње и почетне кинетичке енергије, односно промени кинетичке енергије тела.**

Ако се тело покреће из стања мировања ( $v_0 = 0$ ), онда је његова кинетичка енергије једнака извршеном раду, тј.:  $A = E_k$ .

Кад је рад сile позитиван (врши се рад на телу), кинетичка енергија тела се повећава, а уколико је рад сile негативан, тело врши рад па му се кинетичка енергија смањује. Рецимо, при слободном паду тела Земљина тежа врши позитиван рад и повећава брзину, односно кинетичку енергију тела. Међутим, кад бацимо тело вертикално навише неком почетном брзином, тело врши рад против Земљине теже, па се услед тога смањује његова брзина, односно кинетичка енергија.

**Рад и гравитациони потенцијална енергија.** Ако се деловањем неке сile подигне тело од почетне висине  $h_1$  на већу висину  $h_2$  (сл. 4.14), тада је та сила извршила рад:

$$A = mg(h_2 - h_1)$$

Рад сile за подизање тела је позитиван, јер је сила у смеру кретања тела, тј. вертикално навише. Ова сила је притом савладала Земљину тежу која је усмерена надоле. Рад сile употребљене за подизање тела претворио се у повећање гравитационе потенцијалне енергије тела. Ако на коначној висини тела ( $h_2$ ) спољашња сила престане да делује, Земљина тежа ће извршити рад враћајући тело на почетну висину ( $h_1$ ). Тада је:

$$A = mg(h_2 - h_1) = mgh_2 - mgh_1$$

и биће извршен на рачун потенцијалне енергије тела. Чланови  $mgh_1$  и  $mgh_2$  изражавају гравитациону потенцијалну енергију у положајима на висини  $h_1$  и висини  $h_2$ .

Према томе:

$$A = E_{p_2} - E_{p_1} = \Delta E_p$$

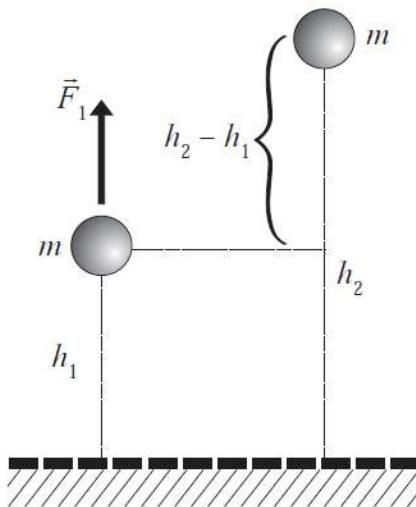
**Рад је једнак промени гравитационе потенцијалне енергије при померању тела из једног у други положај у пољу Земљине теже.**

**Или: Потенцијална енергија тела на некој висини изнад Земљине површине једнака је раду који тело може да изврши при слободном паду.**

Обједињујући повезаност механичког рада са кинетичком и гравитационом потенцијалном енергијом тела, изводи се општа формулатија:

**механички рад једнак је промени механичке енергије.** Или: рад је мера промене механичке енергије тела:

$$A = \Delta E.$$



Сл. 4.14. Рад и гравитациони потенцијална енергија

## ЗАКОН ОДРЖАЊА МЕХАНИЧКЕ ЕНЕРГИЈЕ

Свакодневно уочавамо претварање потенцијалне у кинетичку енергију и обратно. Размотрићемо то на примеру тела баченог вертикално навише неком почетном брзином  $v_0$  (сл. 4.15). У току кретања занемарује се отпор ваздуха.

У тренутку избацивања тело има максималну кинетичку енергију ( $E_k = \frac{1}{2}mv_0^2$ ) (положај 1).

Док се тело креће вертикално увис, брзина се смањује, а тиме и његова кинетичка енергија. На рачун смањења кинетичке енергије тела повећава се његова гравитационија потенцијална енергија. Када тело достигне највећу висину ( $h$ ), за тренутак се заустави ( $v=0$ ) и у том положају његова кинетичка енергија једнака је нули ( $E_k = 0$ ), док његова гравитационија потенцијална енергија има максималну вредност ( $E_p = mgh$ ) (положај 2). Значи, при кретању тела вертикално навише његова почетна кинетичка енергија прелази у гравитационија потенцијалну енергију.

Када тело почне да пада, његова брзина расте и висина се смањује. Сада се повећава кинетичка енергија, а смањује потенцијална енергија. У тренутку повратка у почетни положај ( $h=0$ ) тело има брзину истог интензитета као и при избацивању вертикално навише, али супротног смера ( $v_0 = v_k$ ); тело се вратило у положај 1.

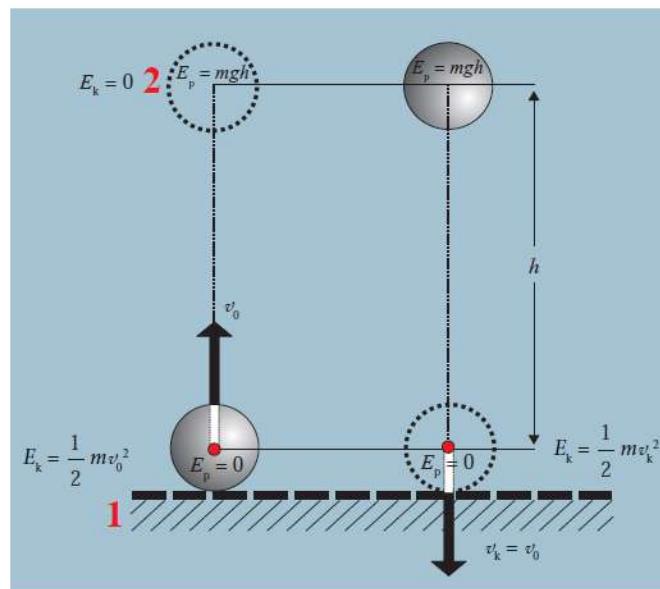
На рачун почетне кинетичке енергије  $E_k = \frac{1}{2}mv_0^2$ , тело је крећући се равномерно успорено достигло висину  $h$ . На висини  $h$  брзина тела је нула, а то је крајња брзина код равномерно успореног кретања:  $v=0 = v_0^2 - 2gh$ . Одавде је  $v_0^2 = 2gh$ . Заменом у израз за почетну кинетичку енергију, добија се:

$$E_k = \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}m \cdot 2gh = mgh = E_p \quad (\text{положај 2})$$

Дакле,

$$E_k = E_p, \text{ односно: } \Delta E_k = \Delta E_p$$

При слободном паду са висине  $h$ , тело се креће равномерно убрзано са убрзанијем Земљине гравитационе силе  $g$ . За такво кретање важи релација  $v_k^2 = 2gh$  (где је  $v_k$  – брзина тела при удару о земљу, брзина на крају пређеног пута  $h$ , где је  $v_k = v_0$ ). Комбинацијом претходне релације и израза за потенцијалну енергију, налази се:



Сл. 4.15. Одржавање укупне вредности кинетичке и потенцијалне енергије тела

$$E_p = mgh = mg \cdot \frac{v_0^2}{2g} = \frac{1}{2}mv_o^2 = E_k \text{ (положај 1),}$$

добија се исто као и претходно:

$$E_p = E_k, \text{ или: } \Delta E_p = \Delta E_k.$$

Потенцијална енергија коју је тело имало у положају на висини  $h$ , претворила се у кинетичку енергију. У било ком положају између крајњих тачака путање тело има и кинетичку и потенцијалну енергију, али тако да њихова укупна вредност остаје стална (непромењена).

Дакле, енергија у механици (као и у осталим областима физике и науке уопште) може да прелази са једног тела на друго (судар кликера) или из једног у други облик енергије (нпр. кинетичке у потенцијалну и обратно), али тако да укупна вредност енергије остаје непромењена. Значи, важи **Закон одржања енергије у механици**:

**Механичка енергија може се преносити са једног на друго тело или се претварати из једног облика у други, али тако да укупна вредност енергије остаје стална.**

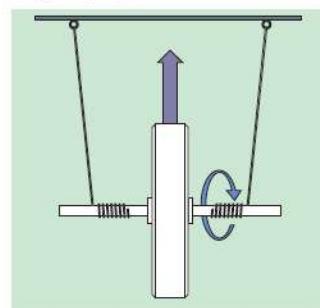
Закон одржања енергије у механици може се демонстрирати помоћу **Максвеловог точка** (сл. 4.16). Када се на осовину металног точка намотава уже, точак се подиже и његова потенцијална енергија се увећава. После пуштања точак пада и брзина му се повећава тако да се његова потенцијална смањује за колико се кинетичка енергија повећава.

У најнижој тачки точак се и даље обрће у истом смеру и на рачун стечене кинетичке енергије поново се подиже до претходне висине намотавајући уже на осовину. Његова кинетичка енергија се тада смањује, а за исту вредност потенцијална енергија повећава.

При кретању точка наниже, његова потенцијална енергија се претвара у кинетичку, а при кретању навише, кинетичка енергија прелази у потенцијалну енергију. Када не би постојао отпор ваздуха и трења између додирних површина точка и његове осовине, Максвелов точак би се стално кретао горе – доле.

Закон одржања енергије не односи се само, као што смо истакли, на механичку енергију, већ и на остале врсте енергије (топлотну, електричну, хемијску, светлосну итд.).

Закон одржања енергије чини основу у описивању и тумачењу не само физичких појава него и свих процеса у природи уопште. Закон одржања енергије примењује се као критеријум тачности свих теоријских закључака и експерименталних података. Овај закон је и основа на којој се заснивају научне теорије, а у технички служи као полазиште приликом пројектовања разних уређаја и машина као и њихових система.



Сл. 4.16. Максвелов ћочак

## СНАГА

Упознали смо механички рад, физичку величину која повезује силу и пређени пут тела под њеним дејством. При томе нисмо узимали у обзир време за које се изврши одређени рад. Питање да ли се исти рад може извршити за различито време остало је отворено. Стога је логично да се после упознавања рада и са радом тесно повезане величине – енергија (кинетичка и потенцијална) проучи величина која повезује рад и време. Та величина назива се **снага**.

Школи је допремљено 200 столица и 100 клупа, које треба од камиона испред школе пребацити у учионице. То може да уради један радник или десет радника. У једном и другом случају врши се исти рад. Међутим, време за које се врши тај рад није исто. Већем броју радника потребно је краће време.

Могу се навести и други примери. Рецимо, док један дечак подиже терет масе 30 kg на висину од једног метра, дизач тегова, за исто време, на исту висину, подиже терет масе 150 kg (сл. 4.17). Тежу фотељу са једног на друго место у соби за краће време може да помери тата него син од десетак година (а при томе изврше исти рад против сile трења). Снажнији мотори тркачких аутомобила развијају већу брзину и прелазе исти пут као обични аутомобили за краће време...

Примери показују да за исто време разне сile врше различите радове, као и да један исти рад једна сила изврши за краће време него друга сила.

За описивање и приказивање брзине вршења рада уведенa је физичка величина **снага**. Обично се означава са  $P$ :

$$P = \frac{A}{t}.$$

Величина која дефинише брзину вршења рада назива се **снага**. Снага је једнака количнику рада и времена за које се тај рад обавио. Или: снага је једнака раду који се изврши у јединици времена.

Како је рад једнак промени енергије ( $A = \Delta E$ ), снага представља и брзину промене енергије

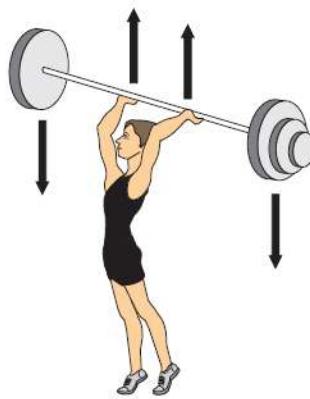
$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

Полазећи од израза за снагу у кратком интервалу, када се може узети да сила има сталну вредност, имамо:

$$P = \frac{A}{\Delta t} = F \cdot \frac{\Delta s}{\Delta t}.$$

Пошто је  $\frac{\Delta s}{\Delta t} = v_s$  – средња вредност брзине, израз за снагу се може написати у облику:

$$P = F \cdot v_s.$$



Сл. 4.17. Дизач тегова

**Снага је једнака производу интензитета сталне силе и средње вредности брзине тела.**

Када је позната снага машине и време њеног коришћења, може се израчунати извршени рад:

$$P = \frac{A}{t}, \text{ односно } A = P \cdot t.$$

**Рад је једнак производу снаге и времена.**

Јединица снаге је ват (W): снага је једнака једном вату ако се рад од једног цула изврши за један секунд ( $W = \frac{J}{s}$ ).

У технички и пракси често се користе веће јединице: киловат (kW) = 1000 W =  $10^3$  W и мегават (MW) = 1 000 000 W =  $10^6$  W.

За изражавање снаге аутомобила, моторних чамаца и других превозних средстава као јединица снаге мотора користи се коњска снага (ks ≈ 735 W).

## КОЕФИЦИЈЕНТ КОРИСНОГ ДЕЈСТВА

Помоћу машина разни облици енергије користе се за обављање рада: трактор врши рад савлађујући силе отпора на рачун енергије која се добија сагоревањем нафте у мотору; аутомобил врши рад савлађујући силе трења и силу отпора ваздуха на рачун енергије бензина ослобођене сагоревањем; у хидроцентрали се кинетичка енергија воде троши за окретање лопатица турбине и добијање електричне енергије; код трамваја и тролејбуса електрична енергија се троши на савлађивање силе трења и стицање кинетичке енергије возила...

У свим реалним случајевима рад који врши машина мањи је од уложене енергије.

**Количник рада који мотор (машина) изврши (корисни рад) и рада или енергије уложене за рад те машине назива се коефицијент (степен) корисног дејства.**

Обично се означава са  $\eta$  (ета – грчко слово):

$$\eta = \frac{A_k}{A_u}.$$

Пошто се користан и уложени рад врше за исто време, то се може написати:

$A_k = P_k \cdot t$  и  $A_u = P_u \cdot t$ . Заменом у претходном изразу добија се формула за кефицијент корисног дејства:

$$\eta = \frac{A_k}{A_u} = \frac{P_k}{P_u}.$$

**Коефицијент корисног дејства одређен је односом корисне и уложене снаге.**

Пошто је уложени рад (енергија), односно снага увек већа од корисног рада (снаге) то је и коефицијент корисног дејства увек мањи од 1. На пример, коефицијент корисног дејства бензинског мотора је око 0,28, дизел мотора 0,38, електромотора 0,94. Уколико је вредност коефицијента корисног дејства ближа јединици машина је економичнија.

Коефицијент корисног дејства машина често се изражава у процентима и то тако што се њихове вредности дате у облику децималних бројева помноже са 100. На тај начин претходне вредности за коефицијент корисног дејства биле би: 28 %, 38 %, 94 %.

## 4. СИСТЕМАТИЗАЦИЈА И ОБНАВЉАЊЕ ГРАДИВА

- **Механички рад** сталне силе једнак је производу интензитета те силе и пређеног пута, ако се тело креће у правцу деловања силе:

$$A = F \cdot s$$

Рад сталне силе чији правац деловања заклапа угао са правцем кретања тела, одређен је формулом:

$$A = F_p \cdot s,$$

где је  $F_p$  – активна компонента, односно паралелна компонента силе чији се правац деловања поклапа са правцем померања тела.

Јединица рада је **џул** (J): рад од једног џула изврши сила од једног љутна на путу од једног метра када делује дуж пута:  $J = N \cdot m$ .

Зависно од угла под којим делује сила у односу на правац кретања тела, рад може бити позитиван ( $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ ), негативан ( $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$ ) или једнак нули ( $\alpha = 90^\circ$ ).

Ако на тело делује више сила, укупан рад једнак је збире радова свих појединачних сила. Тада једнак је производу резултантне активних компонената свих сила и пута који пређе тело.

- У механици постоје два основна облика енергије: **кинетичка и потенцијална енергија**.

Тела у стању кретања имају кинетичку енергију. Она се дефинише формулом:

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

**Кинетичка енергија** тела је једнака половини производа његове масе и квадрата брзине.

• Енергија, условљена узајамним положајем тела која међусобно делују или деформацијом тела (метална опруга), назива се **потенцијална енергија**.

Зависно од врсте међусобног деловања (интеракције) постоје: гравитациони потенцијална енергија, потенцијална енергија сile еластичности, електростатичка потенцијална енергија итд.

**Потенцијална енергија тела** Земљине гравитационе силе једнака је производу његове масе, Земљиног гравитационог убрзања и висине положаја изнад Земљине површине:

$$E_p = mgh$$

Гравитациони потенцијална енергија тела је већа што је већа маса тела и што је већа висина положаја тела изнад Земљине површине.

Узима се да је на површини Земље потенцијална енергија једнака нули. За нулту вредност потенцијалне енергије може се узети и енергија тела у неком другом положају.

жају, нпр. потенцијална енергија тела на поду учионице или на површини стола итд.

Дакле, потенцијална енергија тела је релативна (зависи од избора нивоа у односу на који се рачуна висина положаја тела).

- Веза механичког рада и кинетичке енергије: рад је мера промене кинетичке енергије тела:

$$A = E_{k_2} - E_{k_1}$$

$$A = \Delta E_k$$

- Рад је једнак промени потенцијалне енергије Земљине гравитационе силе при померању тела из једног у други положај изнад Земљине површине:

$$A = E_{p_2} - E_{p_1} = \Delta E_p$$

Обједињавајући повезаност механичког рада са кинетичком и гравитационом потенцијалном енергијом изводи се општа формулатија: **рад је једнак промени механичке енергије**:

$$A = \Delta E$$

- **Закон одржања енергије:** механичка енергија (кинетичка и гравитациона потенцијална) могу се преносити са једног на друго тело или се претварати из једног облика у други, али тако да укупна вредност енергије остаје стална (непромењена).

- Физичка величина која одређује брзину вршења рада зове се **снага**. Снага је једнака количнику рада и времена за које се тај рад обавио. Или: снага је једнака раду који се извршио у јединици времена:

$$P = \frac{A}{t}$$

Како је рад једнак промени енергије ( $A = \Delta E$ ), снага представља и брзину промене енергије

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

Јединица снаге је **ват** (W): један ват је снага која рад од једног цула изврши за један секунд ( $W = \frac{J}{s}$ ).

У технички и пракси често се користе веће јединице:

киловат ( $kW$ ) =  $1000 W = 10^3 W$  и

мегават ( $MW$ ) =  $1\,000\,000 W = 10^6 W$ .

За изражавање снаге аутомобила, моторних чамаца и других превозних средстава као јединица снаге користи се коњска снага ( $ks \approx 735 W$ ).

- Количник рада који мотор (машина) изврши (користан рад) и рада или енергије уложене за рад тог мотора назива се **кофицијент (степен) корисног дејства**. Обично се означава са  $\eta$ :

$$\eta = \frac{A_k}{A_u} = \frac{P_k}{P_u}$$

Кофицијент корисног дејства је неименован број увек мањи од 1 у реалним условима.

## ШЕСТА ЛАБОРАТОРИЈСКА ВЕЖБА

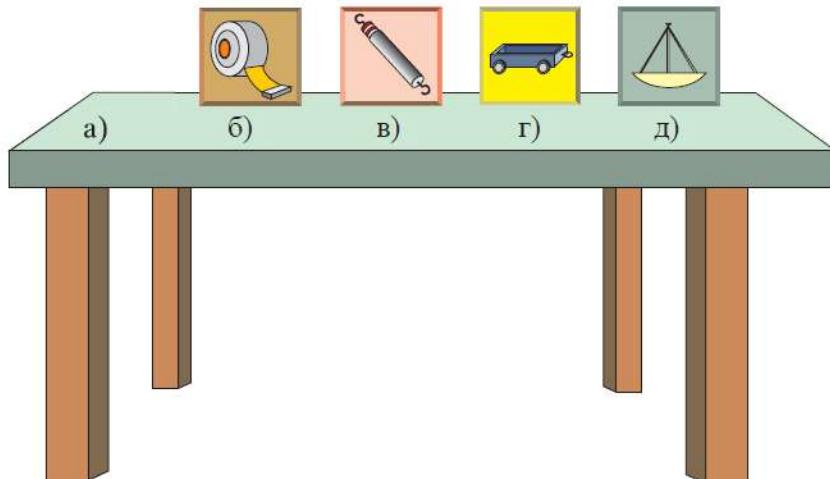
### ОДРЕЂИВАЊЕ РАДА СИЛЕ ПОД ЧИЈИМ ДЕЛОВАЊЕМ СЕ ТЕЛО КРЕЋЕ

#### Задатак

Одређивање рада сile под чијим деловањем се тело креће по различитим подлогама.

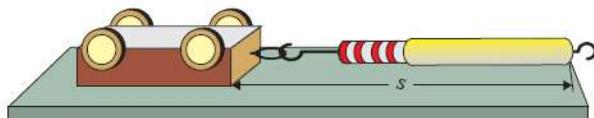
#### Прибор

- а) радни сто (са хоризонталном површином)
  - летва дужине од 1 m до 1,5 m
- б) трака са милиметарском поделом (или милиметарски папир)
- в) динамометар
- г) колица
  - котур са жлебом који се може учврстити на једном крају стола или на крају летве
- д) теразије са теговима (за прецизније мерење масе тела)



#### Упутство

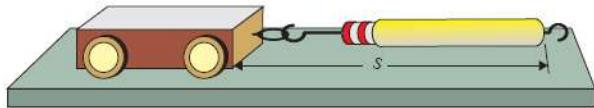
Поставити колица (или неко друго тело) тако да належу равном страном на хоризонталну површину стола (слика 1). Поред колица (тела) наместити траку са милиметарском поделом или лењир са истом поделом (може и милиметарски папир). За колица везати динамометар којим ће се мерити сила.



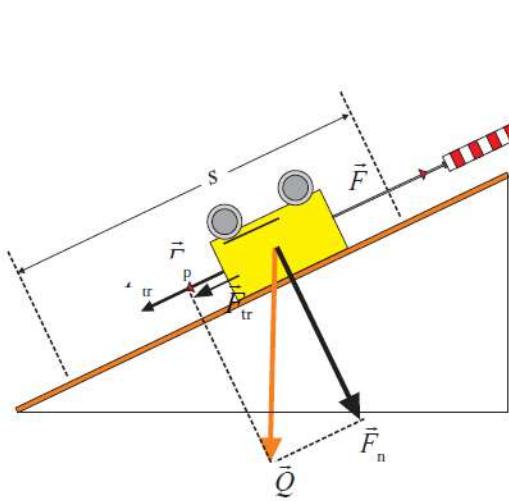
Слика 1

Динамометар везати концем који се пребацује преко котура и о њега окачiti тас на који се стављају тегови. Постепеним повећањем броја тегова на тасу колица се доводе у равномерно праволинијско кретање (динамичка равнотежа). Тада се уравнотежују тежина тегова и таса са силом трења (силе истог правца, али супротних смерова). Вредност силе трења, односно силе вуче колица се очитава на динамометру. Уместо таса и тегова, колица се могу пажљиво вући паралелно са површином подлоге све док се не доведу у равномерно праволинијско кретање (стална брзина). Цео поступак се понавља када се колица окрену на точкове (слика 2).

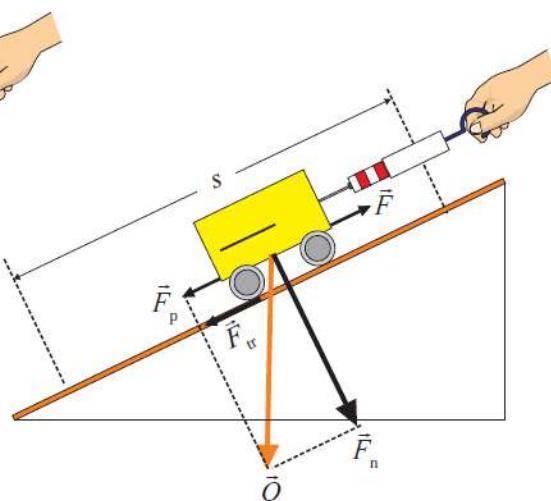
Пут колица која се крећу равномерно праволинијски може се подесити да буде, рецимо 1 m (на том растојању од почетног положаја колица се поставља граничник).



Слика 2



Слика 3



Слика 4

Знајући вредност вучне силе колица и њихов пређени пут (при равномерно праволинијском кретању) може да се израчуна вредност извршеног рада.

Поступак мерења вредности рада поновити још у три случаја:

- стаклена подлога;
- колица се вуку уз летву постављену под углом од  $30^\circ$  (слика 3);
- колица постављена на точковима на летву под истим нагибом (слика 4).

У свим случајевима користе се иста колица која прелазе једнаке дужине пута.

### Приказивање резултата

Измерене и израчунате вредности унети у табелу.

Редни број	Тело	Сила [N]	Пређени пут [m]	Рад [J]	Максималан рад [J]	Минималан рад [J]
1.	Колица равном страном на столу					
2.	Колица точковима на столу					
3.	Колица равном страном на стаклу					
4.	Колица равном страном на косо постављеној летви					
5.	Колица на точковима на косо постављеној летви					

На основу упоређивања добијених вредности рада који сила изврши при померању истог тела за једнаке дужине пута по различитим подлогама извести закључак.

### Питање

Које силе треба да савлада сила вуче при померању тела уз косо постављену летву?

### Закључак

Средња вредност, апсолутна и релативна грешка:

---



---



---



---

## СЕДМА ЛАБОРАТОРИЈСКА ВЕЖБА

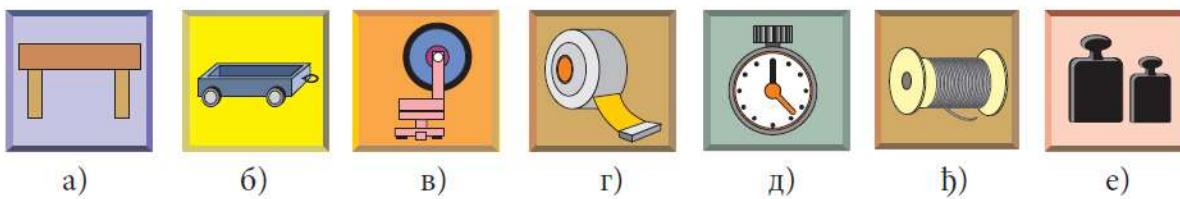
### ПРОВЕРА ЗАКОНА ОДРЖАЊА ЕНЕРГИЈЕ ПОМОЋУ КОЛИЦА

#### Задатак

Проверите Закон одржања механичке (кинетичке и потенцијалне) енергије.

#### Прибор

- а) радни сто
- б) колица
- в) котур са жлебом и стегом који се учвршује на једном крају стола
- г) трака са милиметарском поделом (или лењир са истом поделом)
- д) хронометар
- ђ) конац (занемарљиве масе)
- е) тегови



#### Упутство

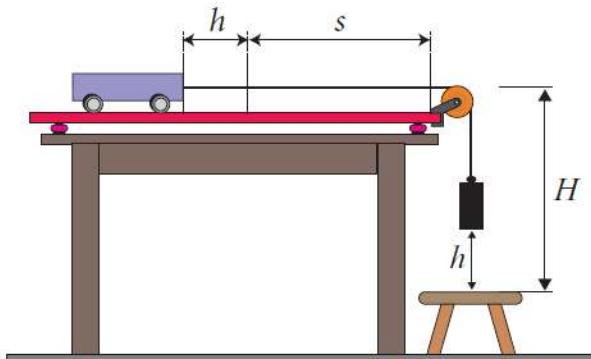
Провера Закона одржања механичке енергије заснована је на показивању да је смањење потенцијалне енергије тела (тега) које пада у пољу Земљине теже једнако увећању кинетичке енергије тела (колица). Овде се користе колица која се крећу по шинама, при чему се трење занемарује. Провера се заснива на Закону одржања механичке енергије, тј. проверава се релација:

$$E = E_k + E_p = \frac{1}{2} m v^2 + mgh = \text{const}$$

На демонстрационом столу налазе се колица која су преко котура са жлебом концем повезана са тегом (слика 1).

Пре почетка вежбе помоћу либеле проверити да ли је површина стола хоризонтална. Испод тега (тегова) постави се столица на коју пада тег. Раван столице узима се за нулти ниво потенцијалне енергије тега ( $E_p = 0$ ).

После пада тега на столицу, колица настављају да се крећу равномерно праволинијски (стална брзина).



Слика 1

У почетном тренутку, непосредно пре падања тега, брзине колица и тега су једнаке нули, тј.  $v_k = v_t = 0$ , а потенцијалне енергије колица и тега су:  $E_{p_k} = m_k gH$  и  $E_{p_t} = m_t gh$ .

Укупна енергија колица и тега у почетном положају (I) је:

$$E_I = m_k gH + m_t gh$$

Непосредно пре заустављања тега на столици (на крају висине  $h$ ), колица и тег имају једнаке интензитете брзина  $v$ . У том тренутку је потенцијална енергија тега једнака нули ( $h = 0$ ), док је потенцијална енергија колица  $E_{p_k} = m_k gH$ . Укупна енергија система (колица – тег) у коначном (крајњем) положају (II) износи:

$$E_{II} = \frac{1}{2} m_k v^2 + \frac{1}{2} m_t v^2 + m_k gH.$$

На основу закона одржања енергије важи:

$$E_I = E_{II}$$

Провера ове релације је задатак вежбе.

Брзина колица се мери тако што се у тренутку пада тега на столицу ( $h = 0$ ) укључи хронометар (штоперица) и мери се време за које колица (крећући се равномерно праволинијски, стална брзина) пређу познати пут  $s$ . Вредност брзине се израчунава

по формулама:  $v = \frac{s}{t}$ .

Масе колица и тега се мере на теразијама.

Пре извођења вежбе одреди се нулти ниво потенцијалне енергије (раван столице на коју пада тег, тј. одреди се висина колица  $H$  и висина тега  $h$ ).

У току вежбе неколико пута се мења висина тега  $h$  и мере се одговарајуће брзине колица  $v$ .

### Приказивање резултата

Измерене и израчунате податке унети у табелу.

Редни број мерења	Пређени пут колица $s[m]$	Брзина колица на крају пута $s$ , односно тега на крају висине $h$ $v [m/s]$	Укупна енергија система колица – тег у почетном положају $E_I [J]$	Укупна енергија система колица – тег у крајњем положају $E_{II} [J]$	$E_I - E_{II} [J]$
1.					
2.					
3.					
4.					

### Питање

Због чега (бар у теоријском смислу) постоје разлике у вредностима укупне енергије система колица – тег у почетном и коначном (крајњем) положају?

### Закључак

Средња вредност, апсолутна и релативна грешка:

---

---

---

---

## ПИТАЊА И ЗАДАЦИ СА ОДГОВОРИМА И РЕШЕЊИМА

1. Механички рад сталне силе једнак је производу \_\_\_\_\_ и пређеног \_\_\_\_\_, ако је деловања те силе у \_\_\_\_\_ кретања тела:  $A = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}}$ .

*Механички рад једнак је производу интензитета силе и пређеној пута, ако је деловања те силе у правцу кретања тела:  $A = F \cdot s$ .*

2. Рад од једног цула (J) изврши сила од једног \_\_\_\_\_ на путу од једног \_\_\_\_\_ ако делује у \_\_\_\_\_ кретања тела.

*Рад од једној цула (J) изврши сила од једној њутну на путу од једној метра ако делује у правцу кретања тела.*

3. Кликер се креће по хоризонталној подлози. Наћи рад који врши Земљина гравитациона сила при кретању куглице?

**Одговор:**

*Правац Земљине гравитационе силе и правац кретања кликера заклапају угао од  $90^\circ$ . Према томе, вредност рада који при кретању кликера врши Земљина гравитационија сила једнак је нули.*

4. Рад сile чији је правац нормалан на правац кретања тела ( $\alpha = 90^\circ$ ) је:  
а) позитиван; б) једнак нули; в) негативан; н) не знам.

**Одговор:** Пог б).

**5.** Рад силе чији правац заклапа оштар угао са правцем кретања тела ( $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ ) је:

- а) негативан; б) једнак нули; в) позитиван; н) не знам.

**Одговор:**

Пог в).

**6.** Када је рад силе негативан, какав угао заклапа правац силе са правцем кретања тела, односно његове брзине?

- а) прав угао; б) оштар угао; в) туп угао; н) не знам.

**Одговор:**

Пог в).

**7.** На десети спрат човек може да се попне степеницама и лифтом. У ком случају је рад Земљине гравитационе силе већи?

**Одговор:**

У оба случаја Земљина гравитационна сила врши исти рад (иста висинска разлика).

**8.** Дечак гура фотељу по хоризонталном поду собе делујући силом од 100 N у смеру померања фотеље. Израчунати рад који изврши сила дечакових мишића при померању фотеље 3 m?

**Подаци:**  $F = 100 \text{ N}$ ,  $s = 3 \text{ m}$ ;  $A = ?$

$$A = F \cdot s = 300 \text{ J}.$$

**9.** Која сила врши рад када се кликер котрља по хоризонталној подлози све мањом брзином?

**Одговор:**

Сила трења котрљања чији је смер сујројан смеру крећања кликера (нејачији-ван рад).

**10.** Која сила врши рад при кретању тела:

- а) вертикално навише;
- б) приликом слободног пада?

**Одговор:**

а) Земљина гравитационна сила; она врши нејачији-ван рад јер је сујројно усмерена у односу на смер крећања тела.

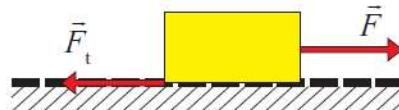
б) Земљина гравитационна сила; врши позитивни рад јер се њен смер поклапа са смером крећања тела.

**11.** Које силе врше рад при подизању тегова увис? Колики је рад силе мишића спортисте који држи тегове у стању мировања изнад главе?

**Одговор:** При покривању тачка сила мишића врши покривањи рад, а Земљина правилнасиона сила нејачавају једнотину усмерена од смера покривања тачка сила. Стварно не врши рад док су тачкови у смирују мирување изнад његове главе.

**12.** Тело се налази на хоризонталној подлози (слика).

На тело делује сила од 10 N у хоризонталном смеру. Сила трења између додирних површина подлоге и тела је 10 N. Тело се креће равномерно праволинијски.



- У којем смеру се креће тело?
- Колики рад врши сила  $F$  на путу од једног 1 m?
- Колики рад обавља сила трења на истом путу?

**Подаци:**  $F = 10 \text{ N}$ ,  $F_t = 10 \text{ N}$ ,  $v = \text{const}$ ;  $A_F = ?$ ,  $A_{F_t} = ?$

a) У поставци задатка је истакнуто да се тело креће равномерно праволинијски. Да то није налашено, постојала би алтернатива да је тело у смирују мирувања, јер је резултантна сила једнака нули. Будући да тело није у смирују мирувања, оно се креће у смеру активне силе, тј. силе интензитета  $F$ . Сила трења  $F_t$  је инасивна сила и она не може узроковати крећање, већ може само утицати на карактер крећања.

- Активна сила интензитета  $F$  врши рад на укупну 1 m:

$$A = 10 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 10 \text{ J}$$

Овај рад је покривају, јер сила подржава крећање тела (правац силе и утицаја су у једном смеру,  $0^\circ$ ).

b) Сила трења  $F_t$  има смер супротан смеру крећања тела, дакле, смер супротан од смера силе  $F$ .

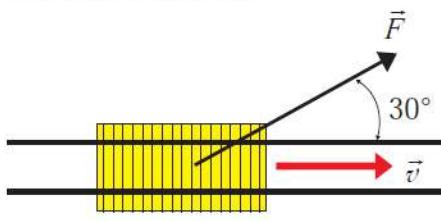
Стицаја је рад силе трења:

$$A = -10 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = -10 \text{ J}$$

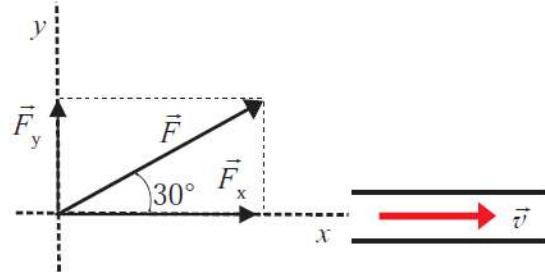
Нејачавају је рад силе трења значи да се сила трења охирије крећању тела, односно да је сила трења усмерена супротно од брзине тела.

У конкретном примеру рад активне силе  $F$  „протије“ се на савладавање силе трења.

**13.** Вагончић под утицајем силе  $\vec{F}$  се креће по хоризонтално постављеним шинама. Сила  $\vec{F}$  интензитета 100 N делује на вагончић под углом  $30^\circ$  у односу на правец шина (слика).



Поглед одозго



- a) Одредити рад који врши сила на путу дугом 5 m?  
 б) Ако је кретање вагончића равномерно праволинијско, колики је интензитет сile трења?

**Подаци:**  $F = 100 \text{ N}$ ,  $\alpha = 30^\circ$ ,  $s = 5 \text{ m}$ ;  $A_F = ?$ ,  $A_{F_t} = ?$

Разложићемо силу  $\vec{F}$  на комбинацију  $\vec{F}_x$  у смеру кретања вагончића и на комбинацију  $\vec{F}_y$  нормалну на правац кретања тела (слика). Очигледно, комбинација  $\vec{F}_x$  узрокује и подржава кретање вагончића. Комбинација  $\vec{F}_y$  не утиче на кретање тела. (Објасниште зашто).

Интензитет комбинације  $F_x$  одјовара висини једнакостраничног прouđa чија струаница одјовара интензитету силе  $F$ . За такав прouđao однос између висине и струанице је:

$$F_x = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot F = 86,6 \text{ N}$$

Рад комбинације  $F_x$  је:

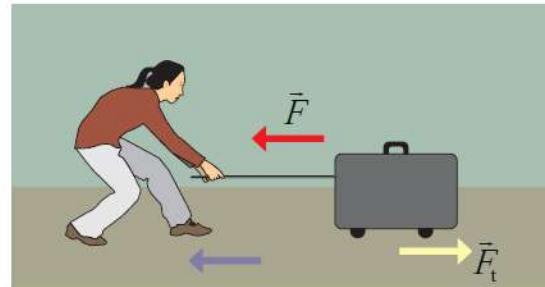
$$A = F_x \cdot s = 433 \text{ J}$$

б) Будући да се вагончић креће равномерно праволинијски (динамичка равнотежа) важи релација

$$F_t = F_x, \text{ односно } F_t = 86,6 \text{ N, али сила трења има супротан смер.}$$

14. Девојчица вуче кофер масе 40 kg по поду аеродромске зграде (слика). Кофер се помера равномерно праволинијски. Колики рад се изврши при померању кофера 100 m, ако је сила којом се делује на кофер усмерена хоризонтално. Одредити рад сile трења на истом путу, ако је коефицијент трења између кофера и пода 0,2.

Убрзање Земљине теже је  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .



**Подаци:**  $m = 40 \text{ kg}$ ,  $s = 100 \text{ m}$ ,  $\alpha = 0^\circ$ ,  $\mu = 0,2$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $A_F = ?$ ,  $A_t = ?$

Пошто се кофер помера равномерно праволинијски, интензитет сile којом девојчица делује на кофер једнак је интензитету силе трења:

$$F = F_t = \mu mg$$

Рад који се изврши је:

$$A_F = F \cdot s = \mu mgs = 7848 \text{ J.}$$

Исти толики рад изврши и сила трења само са негативним предзнаком:

$$A_{F_t} = -7848 \text{ J.}$$

**15.** Сељак вуче балу сена по поду штале силом интензитета 80 N. Правац вучне силе руке паралелан је са подом. Колики рад изврши сељак док бала сена пређе пут од 3 m?

**Подаци:**  $F = 80 \text{ N}$ ,  $s = 3 \text{ m}$ ;  $A = ?$

$$A = F \cdot s = 80 \text{ N} \cdot 3 \text{ m} = 240 \text{ J}.$$

**16.** Аутомобил масе 800 kg креће се равномерно убрзано  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  по хоризонталном путу. Израчунати рад вучне силе мотора када аутомобил пређе 50 m.

**Подаци:**  $m = 800 \text{ kg}$ ,  $a = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $s = 50 \text{ m}$ ;  $A = ?$

*Интензитет вучне силе мотора је:*

$$F = ma = 1600 \text{ N},$$

*аrag ове силе износи:  $A = F \cdot s = 80 \text{ kJ}$ .*

**17.** Израз за кинетичку енергију је:

a)  $E_k = mv^2$ ; б)  $E_k = m^2v$ ; в)  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  г)  $E_k = \frac{1}{2}mv$

**Одговор:** Пог в)

**18.** На тело које се креће праволинијски по хоризонталној подлози делује сила чији се правац и смер поклапају са правцем и смером кретања тела. Тада се:

- а) кинетичка енергија тела смањује;
- б) кинетичка енергија тела повећава;
- в) кинетичка енергија тела не мења;
- г) не знам.

**Одговор:** Пог б)

**19.** Приликом кретања тела његова енергија се смањила од 500 J на 200 J. Колики је рад при томе извршен?

**Подаци:**  $E_1 = 500 \text{ J}$ ,  $E_2 = 200 \text{ J}$ ;  $A = ?$

$$A = E_2 - E_1 = -300 \text{ J}$$

*Дакле, сила која је деловала на тело вришећи при томе rag била је сујројно усмерена смеру кретања тела.*

**20.** Дечак масе 30 kg вози тротинет. Укупна кинетичка енергија дечака и тротинета је 437,5 J. Одредити брзину тротинета ако је његова маса 5 kg.



**Подаци:**  $m_1 = 30 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 5 \text{ kg}$ ,  $E_k = 437,5 \text{ J}$ ;  $v = ?$

Укупна кинетичка енергија дечака и тројине је:

$$E_k = \frac{1}{2} m_1 v^2 + \frac{1}{2} m_2 v^2 = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v^2,$$

односно  $v = \sqrt{\frac{2 E_k}{m_1 + m_2}} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

**21.** Како су рад и енергија повезани?

**Одговор:**

Рад је једнак промени енергије:  $A = \Delta E$ .

**22.** Да ли кинетичка енергија зависи од смера кретања тела?

**Одговор:** Кинетичка енергија тела не зависи од правца и смера кретања тела ( $E_k = \frac{1}{2} m v^2$ ). Маса тела је увек позитивна, а сваки и нејативан број квадрирањем поседује позитиван број.

**23.** Колико пута се промени кинетичка енергија тела ако се његова брзина повећа три пута?

**Одговор:**

Кинетичка енергија се повећа девет пати.

**24.** Атлетичар масе  $60 \text{ kg}$  креће се брzinom  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Колика је његова кинетичка енергија?

**Подаци:**  $m = 60 \text{ kg}$ ,  $v = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ;  $E_k = ?$

**Одговор:**

Кинетичка енергија атлетичара је:

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 = 3000 \text{ J}.$$

**25.** Кинетичка енергија колица која се крећу  $5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  је  $100 \text{ J}$ . Одредити масу колица.

**Подаци:**  $v = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $E_k = 100 \text{ J}$ ;  $m = ?$

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2, \text{ односно: } m = \frac{2 E_k}{v^2} = 8 \text{ kg}.$$

**26.** Да ли Земљина гравитациона сила, делујући на тело које слободно пада, врши исти рад у једнаким временским интервалима?

**Одговор:** Земљина гравитациона сила не врши једнаке радове у истиим временским интервалима, јер тело које слободно пада не прелази истие патуљеве у једнаким временским интервалима (равномерно убрзано кретање).

27. Зрно масе  $0,05 \text{ kg}$  излеће из пушчане цеви брзином  $200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Одредити рад који изврши сила притиска барутних гасова при кретању зrna кроз цев.

**Подаци:**  $m = 0,05 \text{ kg}$ ,  $v = 200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ;  $A = ?$

*Рад сile притиска барутних гасова једнак је промени кинетичке енергије зrna:*

$$A = \Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv^2 \quad (\text{jep je } v_0 = 0)$$

$$A = 1000 \text{ J}.$$

28. При равномерно праволинијском кретању бициклисте не мења се његова кинетичка енергија. Да ли то значи да при равномерно праволинијском кретању (стална брзина) бициклиста не врши рад?

**Одговор:**

Бициклиста (као и свако друго тело) при равномерно праволинијском кретању врши рад савлађујући силу трења и силу отпора средине. Рад сile трења и рад сile отпора ваздуха имају нејативну вредност, а рад сile мишља бициклисте је нозитиван. Укупан рад је једнак нули.

29. Потенцијална енергија Земљине гравитационе сile израчунава се на основу формуле:

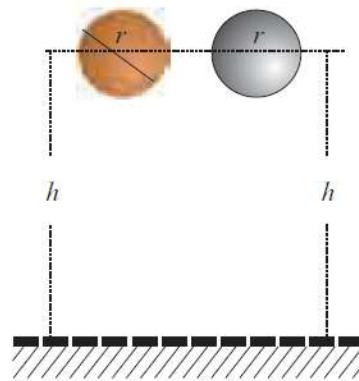
a)  $E_p = gh$ ; б)  $E_p = mgh$ ; в)  $E_p = mh$ ; г) не знам.

**Одговор:** Пог б).

30. Древна и оловна кугла једнаких пречника налазе се на истој висини изнад Земљине површине. Да ли су једнаке њихове гравитационе потенцијалне енергије?

**Одговор:**

Оловна кугла има већу гравитациону потенцијалну енергију од дрвене кугле јер је већа масе ( $E_p = mgh$ ).



31. Скакач масе  $70 \text{ kg}$  налази се на врху базенске скакаонице. Гравитациони потенцијална енергија скакача у односу на ниво воде у базену је  $6 \text{ kJ}$ . Одредити висину базенске скакаонице у односу на површину воде у базену? Убрзање Земљине гравитационе сile је  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

**Подаци:**  $m = 70 \text{ kg}$ ,  $E_p = 6 \text{ kJ}$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $h = ?$

$$E_p = mgh; h = \frac{E_p}{mg}$$

$$h \approx 8,74 \text{ m}.$$

**32.** Тело масе  $0,2 \text{ kg}$  бачено је вертикално навише брзином  $8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Одредити гравитациону потенцијалну енергију тела у положају његове највеће висине.

**Подаци:**  $m = 0,2 \text{ kg}$ ,  $v_0 = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ;  $E_{\text{p}_{\text{max}}} = ?$

*Гравитациони потенцијална енергија тела, у пренетку када доспие највећу висину, једнака је кинетичкој енергији тела у моменту избацувања вертикално навише:*

$$E_{\text{p}_{\text{max}}} = E_{\text{k}_0} = \frac{1}{2} m v_0^2$$

$$E_{\text{p}_{\text{max}}} = 6,4 \text{ J.}$$

**33.** Да би се кофер подигао са пода на плакар, потребан је рад од  $800 \text{ J}$ . Ако је висина плакара у односу на под  $2 \text{ m}$ , одредити масу и тежину кофера. Убрзање Земљине гравитационе силе је  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

**Подаци:**  $A = 800 \text{ J}$ ,  $h = 2 \text{ m}$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $m = ?$

*Извршени рад при подизању кофера на плакар је:*

$$A = F \cdot s = Q \cdot h = mgh,$$

*одакле је маса кофера:  $m = \frac{A}{gh} \approx 40,8 \text{ kg}$ , а његова тежина  $Q = mg \approx 400,2 \text{ N}$ .*

**34.** Када дечак има већу механичку енергију:

а) када трчи брзином  $8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ;

б) када стоји на базенској скакаоници висине  $10 \text{ m}$  у односу на површину воде.

**Подаци:**  $v = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $h = 10 \text{ m}$ ;  $E_{\text{k}} = ?$ ,  $E_{\text{p}} = ?$

*Када је на скакаоници дечак има већу енергију јер је:*

$$mgh > \frac{mv^2}{2}$$

$$gh > \frac{v^2}{2}$$

*Заменом одговарајућих вредности ова неједнакост се потврђује.*

35. Купола храма Светог Саве у Београду масе 15 000 t подигнута је 1989. године на висину од 50 m. Наћи рад који је извршила сила притиска на клип хидрауличне дизалице којом је подигнута купола? Убрзање Земљине гравитационе силе је  $9,81 \frac{m}{s^2}$ .

**Подаци:**  $m = 15\ 000\ t$ ,  $h = 50\ m$ ,  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ ;  $A = ?$

*Рад који извршила сила притиска на клип хидрауличне дисалице је:*

$$A = F \cdot s = Q \cdot h = mgh = 7,36 \cdot 10^9\ J.$$



36. Књига се налази на полици на висини 0,75 m од нивоа стола чија је висина у односу на под 0,80 m. Маса књиге је 0,5 kg. Израчунати гравитациону потенцијалну енергију књиге у односу на:

- a) ниво стола;
- b) ниво пода?

**Подаци:**  $h_1 = 0,75\ m$ ,  $h_2 = 0,80\ m$ ,  $m = 0,5\ kg$ ,  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ ;  $E_{p_1} = ?$ ,  $E_{p_2} = ?$

$$E_{p_1} = mgh_1 \approx 3,68\ J.$$

$$E_{p_2} = mg(h_1 + h_2) = 7,60\ J.$$

37. Дечак масе 40 kg налази се на врху тобогана дужине 4 m. Угао под којим је тобоган нагнут према хоризонталној равни је  $30^\circ$ . Одредити гравитациону потенцијалну енергију дечака у односу на хоризонталну раван.

**Подаци:**  $m = 40\ kg$ ,  $\ell = 4\ m$ ,  $\alpha = 30^\circ$ ,  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ ;  $E_p = ?$   
Висина тобогана у односу на подлогу је:

$$h = \frac{\ell}{2} = 2\ m$$



*Гравитациони потенцијална енергија дечака у односу на подлогу износи:*

$$E_p = mgh = 784,8\ J.$$

38. Кликер са висине 2 m слободно пада без почетне брзине ( $v_0 = 0$ ). Одредити брзину тела непосредно пре пада на подлогу на основу Закона одржавања механичке енергије. Убрзање Земљине гравитационе силе је  $9,81 \frac{m}{s^2}$ .

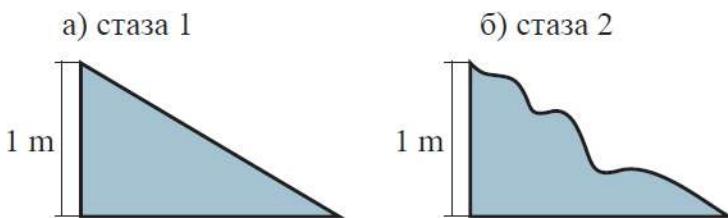
**Подаци:**  $h = 2\ m$ ,  $v_0 = 0$ ,  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ ;  $v = ?$

Кинетичка енергија кликера нейосредно јре пада на подлогу једнака је првиционој потенцијалној енергији у пренујку када је он почeo да слободно пада:

$$E_k = E_p, \text{ односно: } \frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

$$\text{Одавде је } v = \sqrt{2gh} = 6,26 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

39. На дечјем санкалишту се налазе две стазе облика као на сликама а) и б). Израчунати брзину дечака на дну стаза ако се спушта без почетне брзине. Убрзање Земљине теже је  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . Занемарити трење.



**Подаци:**  $h = 1 \text{ m}$ ,  $v_0 = 0$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $v = ?$

а) На основу закона одржавања механичке енергије за падобојан 1 је:

$$mgh = \frac{1}{2}mv_1^2, \text{ односно: } v_1 = \sqrt{2gh} = 4,43 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

б) Закон одржавања механичке енергије за падобојан 2:

$$mgh = \frac{1}{2}mv_2^2; v_2 = \sqrt{2gh} = 4,43 \frac{\text{m}}{\text{s}}. \text{ (Коменијарисајти добијене резултате).}$$

40. Дечак се ролерима креће низ стрму улицу. Нађи висинску разлику између највишег и најнижег места улице ако је брзина дечака на врху улице била  $1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ , а у подножју улице  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

Занемарити губитке енергије који настају услед трења. Убрзање Земљине гравитационе силе је  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;

**Подаци:**  $v_0 = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $v = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $h = ?$

На основу закона одржавања механичке енергије, имамо:

$$mgh + \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv^2,$$

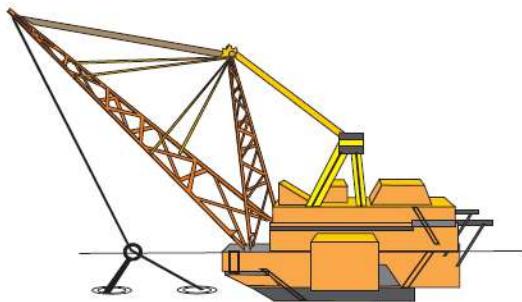
односно:  $h = \frac{v^2 - v_0^2}{2g} = 5,05 \text{ m.}$

**41.** Вучна сила мотора бродске дизалице (слика) при подизању сидра са дна Дунава изврши рад  $30 \text{ kJ}$ . Ако подизање сидра траје  $1 \text{ min}$ , одредити снагу мотора дизалице.

**Подаци:**  $A = 30 \text{ kJ}$ ,  $t = 1 \text{ min}$ ;  $P = ?$

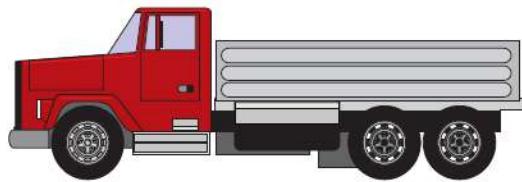
*Снага мотора бродске дизалице је:*

$$P = \frac{A}{t} = \frac{30 \text{ kJ}}{1 \text{ min}} = 500 \text{ W}.$$



**42.** Камион масе  $2000 \text{ kg}$  креће се по правом хоризонталном путу брзином од  $72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Сила трења и отпора кретања је  $0,05 \text{ m}$  његове тежине. Одредити снагу коју развија мотор камиона. Убрзање Земљине гравитационе силе је  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

**Подаци:**  $m = 2000 \text{ kg}$ ,  $v = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $P = ?$



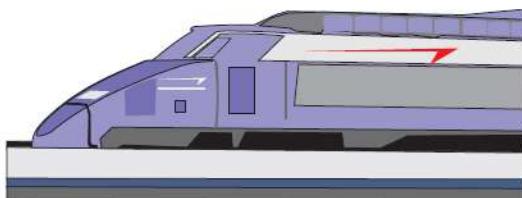
*Интензитет вучне сile мотора камиона је:*

$$F = 0,05 Q = 0,05 \cdot mg = 981 \text{ N}$$

*Снага мотора камиона износи:*

$$P = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = Fv = 19620 \text{ W} = 19,62 \text{ kW}.$$

**43.** Локомотива вуче воз масе  $100 \text{ t}$  брзином  $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Израчунати снагу локомотиве ако је коефицијент трења између шина и точкова вагона  $0,5$ ? За убрзање Земљине гравитационе силе узети  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .



**Подаци:**  $m = 100 \text{ t} = 100000 \text{ kg}$ ,  $v = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $\mu = 0,5$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $P = ?$

*Интензитет сile вуче локомотиве једнак је интензитету сile трења (равномерно праволинијско крећање – динамичка равнотежа):*

$$F = F_t = \mu mg = 490500 \text{ N},$$

*а одговарајућа снага:*

$$P = Fv = 9,81 \text{ MW}.$$

**44.** Ски-лифт подиже двојицу скијаша. Масе скијаша су једнаке и заједно са опремом износе по 75 kg. Висинска разлика од врха до подножја стазе је 1500 m. До врха стазе се стиже за 2 min константном брзином. Одредити снагу ски-лифта.

Убрзање Земљине теже је  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

**Подаци:**  $m_1 = m_2 = 75 \text{ kg}$ ,  $h = 1500 \text{ m}$ ,  $t = 2 \text{ min}$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $P = ?$

*Снага ски-лифта је:*

$$P = \frac{A}{t} = \frac{Qh}{t} = \frac{(m_1 + m_2)gh}{t} \approx 18,4 \text{ kW.}$$

**45.** Снага мотора аутомобила Шкода фабиа је 55 ks. Колика је та снага у јединицама SI – система? Израчунати рад силе вуче тог мотора ако аутомобил пређе 100 km средњом брзином  $54 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ ?

**Подаци:**  $P = 55 \text{ ks}$ ,  $s = 100 \text{ km}$ ,  $v_s = 54 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ ;  $P [\text{W}] = ?$

*Пошто је  $1 \text{ ks} = 735 \text{ W}$ , тада је:  $P = 55 \text{ ks} = 55 \cdot 735 \text{ W} = 40\,425 \text{ W}$ .*

*Рад силе вуче мотора је:  $A = 269,5 \text{ MJ}$ .*

**46.** Два радника подижу терете једнаке тежине на исту висину. Први радник подиже терет за 2 min, а други за 1 min. Упоредити рад и снагу једног радника са радом и снагом другог радника.

**Подаци:**  $t_1 = 2 \text{ min}$ ,  $t_2 = 1 \text{ min}$ ; да ли је  $A_1 = A_2$  и  $P_1 = P_2$ ?

*Радници подижу терете једнаке тежине на исту висину, па је  $A_1 = A_2$ . Међутим, радници нису употребили исти снаге јер је*

$t_1 > t_2$ , па је  $P_2 > P_1$

**47.** Девојчица подиже кофу са водом из бунара. Маса кофе са водом је 10 kg. Одредити снагу коју девојчица мора да употреби да би се кофа од површине воде померала сталном брзином од  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Занемарити масу ужета. Убрзање Земљине гравитационе силе је  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

**Подаци:**  $m = 10 \text{ kg}$ ,  $v = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $P = ?$

*Снага девојчице је:*

$$P = \frac{A}{t} = \frac{Fh}{t} = Q \cdot v = mgv = 196,2 \text{ W.}$$

**48.** Ударивши у мрежу, одбојкашка лопта (као и тениска) се за тренутак заустави. Где се „изгубила“ кинетичка енергија лопте, коју је имала непосредно пре удара у мрежу?

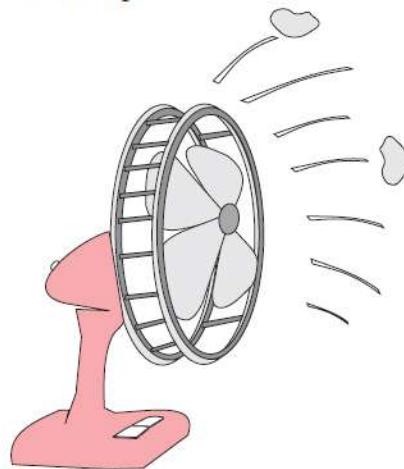
**Одговор:**

Кинетичка енергија претворила се у потенцијалну енергију сile еластичности заштите мреже.

**49.** Шта је користан, а шта уложени рад, односно корисна и уложена енергија код: крикета за орахе; електричног вентилатора; ручне тестере?

**Одговор:**

Ког крикета за орахе уложени rad је rad сile мишића шаке, а користан rad „иде“ на ломљење орахове љуске; ког вентилатора је уложена електрична енергија, а корисна је кинетичка енергија пропелера; ког ручне тестере уложени rad је rad сile човекових мишића, а користан rad „троши“ се на резање дрвета.



**50.** Помоћу дизалице терет масе 400 kg подигнут је на плато висине 10 m. Наћи коефицијент корисног дејства дизалице ако је она за подизање терета „утрошила“ 60 kJ? Убрзање Земљине гравитационе сile је  $9,81 \frac{m}{s^2}$ .

**Подаци:**  $m = 400 \text{ kg}$ ,  $h = 10 \text{ m}$ ,  $A_u = 60 \text{ kJ}$ ,  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$ ;  $\eta = ?$   
**Користан rad дизалице је:**

$$A_k = mgh = 39\,240 \text{ J}, \text{ па је:}$$

$$\eta = \frac{A_k}{A_u} = \frac{39240 \text{ J}}{60000 \text{ J}} = 0,654 = \mathbf{65,4 \%}.$$

## ТЕСТ ЗНАЊА

1. Рад сталне силе чији правац заклапа угао са правцем кретања тела једнак је \_\_\_\_\_ интензитета \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_ који тело пре-  
лази под њеним дејством:  $A = \underline{\quad} \cdot \underline{\quad}$ .

Број поена 5

2. Зависно од угла који сила заклапа са правцем кретања тела, рад може бити:
- а) позитиван и једнак нули;
  - б) негативан и позитиван;
  - в) позитиван, једнак нули и негативан;
  - г) не знам.

**Напомена:** узима се у обзир само потпун одговор.

Број поена 5

3. На тело које се креће праволинијски по хоризонталној подлози делује сила чији се правац поклапа са правцем кретања (брзине) тела, а има смер супротан смеру кретања тела. Тада се:

- а) кинетичка енергија (брзина) тела смањује;
- б) кинетичка енергија тела повећава;
- в) кинетичка енергија тела не мења;
- г) не знам.

Број поена 5

4. Воз масе 500 000 kg креће се равномерно праволинијски дуж хоризонтално постављених шина. Коефицијент трења између шина и точкова воза је 0,3. Наћи рад који изврши сила вуче локомотиве на путу 5 km? Израчунати рад на истом путу који обави сила трења. Убрзање Земљине гравитационе сile је  $9,81 \frac{m}{s^2}$ .

Број поена 10

5. Тело масе 100 kg креће се равномерно праволинијски брзином  $180 \frac{km}{h}$ . На тело почне да делује сила услед чега се оно зауставља крећући се равномерно успорено убрзањем  $2 \frac{m}{s^2}$ .

- а) Израчунати интензитет сile која је деловала на тело.
- б) Колики пут тело пређе од почетка деловања сile до заустављања?
- в) Наћи рад који изврши сила на пређеном путу.

Број поена 10

**6.** Колица масе  $15 \text{ kg}$  са теретом од  $72 \text{ kg}$  гурају се убрзањем од  $0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . Израчунати рад који се изврши на путу од  $10 \text{ m}$ . Занемарити трење.

**Број поена 5**

**7.** Нађи рад који је потребно извршити да би се брзина колица, која се крећу равномерно праволинијски по хоризонталној подлози, повећала од  $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  до  $4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ? Маса колица је  $10 \text{ kg}$ .

**Број поена 5**

**8.** Алпиниста масе  $75 \text{ kg}$  пење се на планину чија је надморска висина  $5000 \text{ m}$ . Надморска висина подножја планине износи  $200 \text{ m}$ . Убрзање Земљине теже је  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

Израчунати гравитациону потенцијалну енергију у односу на:

- a) ниво мора;
- b) подножје планине.

**Број поена 5**

**9.** Тело пада вертикално наниже без почетне брзине ( $v = 0$ ). Брзина тела непосредно пре пада на тло је  $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ . Одредити висину са које је тело испуштено.

**Број поена 5**

**10.** Дечак на Земљи може да скочи највише  $50 \text{ cm}$  вертикално увис. До које висине би могао да скочи исти дечак на Месецу? Убрзање Месечеве гравитационе силе је  $1,64 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ . Знамо да је убрзање Земљине гравитационе силе  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

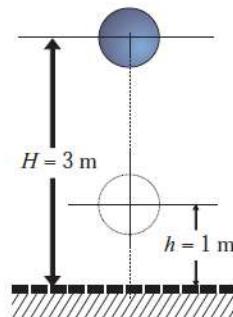
**Број поена 10**

**11.** Човек се попео уз  $1500$  степеника на врх небодера за  $10 \text{ min}$ . Човекова маса је  $75 \text{ kg}$ . Висина једног степеника је  $20 \text{ cm}$ . Одредити снагу која је била потребна човеку да би извео тај подухват. Убрзање Земљине гравитационе силе је  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

**Број поена 5**

**12.** Тело је испуштено са висине  $3 \text{ m}$ . Нађи вредност брзине тела на висини  $1 \text{ m}$  од подлоге. Почетна брзина тела једнака је нули ( $v_0 = 0$ ).

Убрзање Земљине гравитационе силе је  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .



**Број поена 10**

13. Аутомобил се креће равномерно право-линијски брзином  $108 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . При тој брзини вогац искључује мотор. Израчунати пут који ће аутомобил прећи до заустављања. Коефицијент трења аутомобилских гума и асфалта је 0,4. Губитке енергије (трење осовина и точкова и отпор ваздуха) занемарити. Убрзање Земљине гравитационе силе је  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .



Број поена 10

14. Камион масе  $5\ 000 \text{ kg}$  креће се равномерно праволинијски по хоризонталном путу брзином  $72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Колику снагу развија мотор камиона? Коефицијент трења између камионских гума и пута износи 0,3.

Број поена 5

15. Лифт у хотелу има масу  $4\ 200 \text{ kg}$  и може да носи терет чија маса не превазила-зи  $1800 \text{ kg}$ . Максимално оптерећен лифт креће вертикално навише брзином  $4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

Одредити снагу мотора лифта? Убрзање Земљине гравитационе силе је  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

Број поена 5

## ТОПЛОТНЕ ПОЈАВЕ

Поред механичких кретања тела на сваком кораку сусрећу се и **топлотне појаве**. У топлотне појаве спадају: загревање и хлађење тела, прелазак тела из једног у друго агрегатно стање. Промене температуре ваздуха или појава ветрова су такође последице топлотних појава.

Област физике у којој се проучавају топлотне појаве зове се **наука о топлоти** (калорика).

Човек је почeo да користи топлотне појаве још од открића ватре којом се грејao и припремao храну. Ватру је касније користио за топљење метала које је уместо камена и дрвета употребљавао за прављење оруђа.

Изучавање топлотних појава омогућило је многа техничка открића која су битно унапредила услове човековог живота. Познати су нам **термометри** којима мери-мо телесну температуру (о њима ћемо детаљније говорити). Посебно су значајни **топлотни мотори** у којима се топлотна енергија претвара у механичку (упознаћемо их у средњој школи). Помоћу њих се крећу аутомобили, возови, бродови, трактори, комбајни... Парне турбине се користе у термоелектричним и нуклеарним централама за добијање електричне струје. На топлотним појавама заснован је и погон ракете којима се доводе у кретање вештачки сателити и космички бродови, а такође и функционисање система и уређаја за грејање и хлађење...

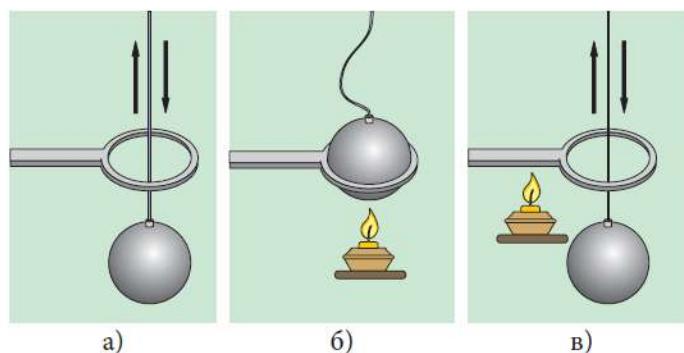
Величине којима се описују и објашњавају топлотне појаве су: **температура, унутрашња енергија, количина топлоте (топлота)**. Поред тих, користе се величине: **притисак, запремина, маса тела, густина** и др.

Да бисмо потпуније упознали топлотне појаве, треба „завирити“ у структуру тела, односно у основним цртама упознати његове саставне честице.



## ТОПЛОТНО ШИРЕЊЕ И СКУПЉАЊЕ ТЕЛА

Познато је да се тела при загревању шире, а при хлађењу скупљају. Тако се понаша већина тела у природи. На слици 5.1a) приказана је метална кугла која пролази кроз метални прстен. После загревања кугла више не пролази кроз тај прстен (сл. 5.1b). То значи да је при загревању кугла повећала запремину. Када се кугла охлади или се загреје прстен кугла поново пролази кроз њега (сл. 5.1в).



Сл. 5.1. Тело при загревању повећава запремину, а при хлађењу смањује

**Тела се при загревању шире, а при хлађењу скупљају.**

Када температура тела расте, повећава се средње растојање између молекула, ато-ма, а тиме и димензије тела, односно и његова запремина. Код хлађења (смањења температуре) тела, дешава се обратно.

Ширење тела при загревању може се одредити помоћу огледа (сл. 5.2).

Метална шипка на крају В је учвршћена, док крај А належе на подлогу са казаљком S. Када се шипка загрева, казаљка се помера, што значи да се повећава дужина шипке. Јасно је да се истовремено повећала и дебљина шипке, али је овде више изражена промена само једне димензије – дужине. Такво ширење тела назива се **линеарно ширење**.

Линеарно ширење при загревању посебно се опажа код тела чија је једна димензија (дужина) знатно већа од друге две димензије (ширина и дебљина). У таква тела спадају: метална шипка, жица, греда итд. Када су све три димензије тела једнаке (или приближно исте), нпр. код тела у облику коцке или лопте, онда се топлотна промена димензија испољава као промена запремине тела.

Линеарно ширење тела мора се узети у обзир при постављању железничких и трамвајских шина, телефонских жица, електричних водова, металних конструкција уопште, јер се летње и зимске температуре могу разликовати и до  $50^{\circ}\text{C}$ . Размак између шина лети се смањује, а зими се повећава. Телефонске и електричне жице лети су опуштене (сл. 5.3), а зими затегнуте.

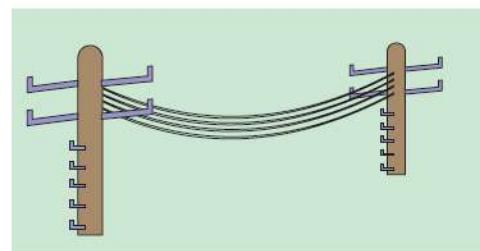
Запремина течности и гасова такође се мења при промени температуре. Повећање запремине течности при загревању може се показати помоћу стакленог балона кроз чији је запушач провучена стаклена цевчица (сл. 5.4). Балон се затвори и означи ниво воде у цеви. Како се током загревања шири и балон, закључак је да се вода шири, више него балон.

**Уопште, течности се при загревању више шире него чврста тела, а највише се шире гасови.**

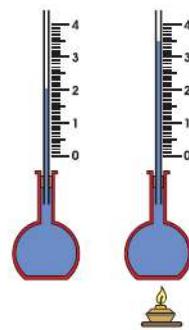
Појава ширења тела при загревању, односно скупљања при хлађењу користи се за мерење **температуре**, једне од седам основних величина Међународног система (SI).



Сл. 5.2. Мерење линеарног ширења тела



Сл. 5.3. Електрични водови у летњим данима



Сл. 5.4. Запремина течности (газова) се повећава при загревању

## ТЕМПЕРАТУРА

Температура је важна величина. Једна је од седам основних физичких величина Међународног система јединица. Користи се у науци, техници и свакодневном животу. Телесна температура је основни податак у процени човековог здравља. Средства јавног информисања редовно нас обавештавају о временској прогнози која обухвата и очекivanе вредности температуре у наредном периоду...

Појам температуре је уведен на основу осећаја наших чула у топлотном контакту са телом. Међутим, тај осећај је субјективан и није нарочито поуздан нити је погодан за процењивање врло високих и нискних температура.

Колико је осећај наших чула релативан и првидан показује једноставан оглед. Узмимо три посуде. У једну се налије хладна вода, у другу топла и у трећу млака (сл. 5.5). Затим се замочи лева рука у хладну воду, а десна у топлу воду и тако се држе неколико минута. После тога се изваде руке истовремено и спусте обе у трећу посуду с млаком водом. На левој руци јавља се осећај да је вода топла, а на десној да је хладна. (Оглед можете и сами извести).

За објективно мерење температуре користе се **термометри** које ћемо посебно разматрати.

Прва дефиниција температуре има описни карактер и гласи:

**Температура је величина којом се дефинише степен загрејаности тела.**

Друга, детаљнија (сложенија) дефиниција температуре, као што ћемо видети, одражава унутрашње енергетско стање тела.



Сл. 5.5. Процена температуре тела посредством додира

## ЈЕДИНИЦА ТЕМПЕРАТУРЕ

У пракси се обично користи скала са Целзијусовим степенима ( $^{\circ}\text{C}$ ). Температура измерена у Целзијусовим степенима се обележава (обично) са  $t$ . На Целзијусовој скали, нули ( $0^{\circ}\text{C}$ ) одговара тачка мржњења воде, а температури од  $100^{\circ}\text{C}$  температура кључања воде под нормалним притиском (од једне атмосфере).

Средином XIX века енглески физичар Келвин је изучавао ширење гасова при загревању и закључио да је најнижа теоријски могућа температура од  $-273^{\circ}\text{C}$ . Вредност те температуре назива се **апсолутна нула**. Температура која се мери од апсолутне нуле назива се **апсолутна или Келвинова температура**. Означава се са  $T$ . Јединица температуре у Међународном систему јединица је **келвин** (K).

У Енглеској и Америци користи се још и у данашње време тзв. Фаренхајтова скала и Фаренхајтов степен ( $^{\circ}\text{F}$ ).

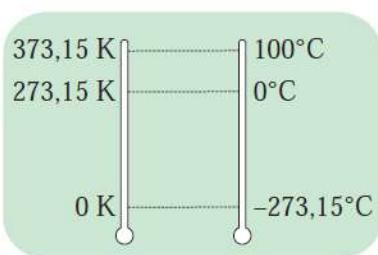
Температури од  $0^{\circ}\text{C}$  одговара  $273\text{ K}$ , односно  $32^{\circ}\text{F}$ . Тачка кључања воде под нормалним притиском је на  $100^{\circ}\text{C}$ ,  $373\text{ K}$  и  $212^{\circ}\text{F}$ .

На слици 5.6 су приказане Келвинова (апсолутна) и Целзијусова (конвенционална) температурна скала. Види се да промена температуре, за одређени број степени у Целзијусовој скали, одговара промени за исти број келвина, у Келвиновој скали ( $\Delta t = \Delta T$ ).

Температура по Келвиновој скали израчунава се тако што се броју  $273$  дода температура  $t$  мерена у Целзијусовој скали:

$$T = (273 + \frac{t}{^{\circ}\text{C}}) \text{ K}$$

На пример, собна температура од  $20^{\circ}\text{C}$  у Келвиновој скали је  $293\text{ K}$ .

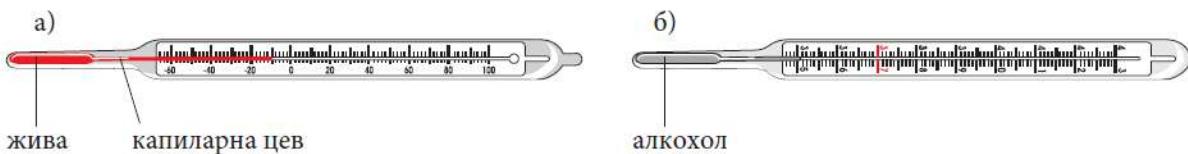


Сл. 5.6. Келвинова и Целзијусова скала

## Мерење температуре

За мерење температуре тела користе се **термометри**. Могу бити различитих конструкција, али су, углавном, засновани на познатом понашању тела да се при загревању шире и у току хлађења скупљају (повећавају и смањују запремину). Најчешће се користе **термометри са живом** и **термометри са алкохолом**.

Основни део ових термометара је узана стаклена цевчица (капилара) која се на доњем крају проширује у резервоар. У резервоару се налази жива или алкохол. Поред капиларе је скала на којој су исписане вредности температуре изражене у Целзијусовим степенима и њиховим деловима. Изнад нултог подељка ( $0^{\circ}\text{C}$ ) су позитивне, а испод негативне вредности температуре. На слици 5.7 под а) и под б) су приказани термометар са живом и са алкохолом.



Сл. 5.7. Термометри са живом и алкохолом

Термометар са живом користи се за мерење температуре од  $-38^{\circ}\text{C}$  до  $+350^{\circ}\text{C}$  (жива мрзне на  $-39^{\circ}\text{C}$ , а кључа на  $357^{\circ}\text{C}$ ). За мерење низких температура од  $-38^{\circ}\text{C}$  користи се термометар са алкохолом пошто алкохол мрзне на  $-114^{\circ}\text{C}$ . Међутим, термометар са алкохолом не може да мери високе температуре, јер алкохол кључа на  $+78^{\circ}\text{C}$ .

За мерење температуре изван наведених опсега користе се тзв. отпорни термометри засновани на промени електричног отпора са температуром. За веома високе температуре нпр. температуре усијаних тела, користе се оптички термометри (пи-

рометри) који функционишу на основу упоређивања сјаја ужарених тела с рефлективним сјајем.

Лекарски термометар спада у термометре са живом и користе се за мерење температуре људског тела (тесне температуре). Његов мерни опсег је од 35°C до 42°C.

Део капилара до резервоара термометра је веома сужен. Кад је термометар у додиру са човековим телом, жива се услед загревања шири и пролази кроз то сужење у капилар. После мерења температуре, жива се, услед хлађења скупља, а њен стуб у суженом делу капилара се прекида, док горњи крај (ниво) живиног стуба остаје на истој висини и показује измерену температуру (сл. 5.8). Због тога термометар треба пре употребе стрести и заосталу живу вратити у резервоар.

У последње време све више су у употреби **дигитални термометри** (сл. 5.9).



Сл. 5.8. Лекарски термометар



Сл. 5.9. Дигитални термометар

## Количина топлоте

Опште је познато да се топлотна енергија преноси са тела више на тело ниже температуре. На усијаној плочи шпорета вода у суду се загрева, грејна тела (грејалице, радијатори) одржавају потребну температуру у нашим домовима; топлотна енергија Сунца обезбеђује опстанак и развој животног света на нашој планети; ако један крај металне шипке држимо на пламену после одређеног времена осетићемо да се загрева и крај шипке у руци.

Овом приликом говорићемо само о размени топлотне енергије између два тела у непосредном контакту. (О преношењу топлотне енергије путем зрачења биће речи у старијим разредима.)

При додиру два тела различитих температура, настаје размена њихове топлотне енергије. Део енергије тела више температуре прелази на тело ниже температуре. Прелазак енергије се остварује посредством судара молекула, атома (или других саставних честица) тих тела (молекуле и атоме се изучавали у хемији). Просечно бржи молекули тела више температуре при сударима предају енергију молекулима тела ниже температуре. Прелазак топлотне енергије са тела више температуре на тело ниже температуре одвија се све док се температуре тих тела не изједначе.

За квантитативно описивање (одређивање) размене топлотне енергије између тела (или њихових делова) различитих температура користе се величина – **количина топлоте**.

Величина којом се квантитативно одређује размена топлотне енергије између тела или делова тела назива се количина топлоте (топлота). Или: енергија коју тело прими или отпушта у топлотним процесима назива се количина топлоте.

Количина топлоте, што треба посебно истаћи је део топлотне енергије који се са тела више температуре пренесе на тело ниже температуре. Дакле, количина топлоте и топлотна енергија не могу се поистоветити, јер део и целина нису исто.

Од чега зависи количина топлоте коју тело отпушта или прима? Прво, зависи од масе тела (већи број молекула учествује у преношењу топлотне енергије). Из искуства је познато да количина топлоте зависи од температурске разлике међу телима. Коначно, количина топлоте зависи од природе (врсте) супстанце од које је изграђено тело, нпр. за загревање живе потребна је мања количина топлоте него за загревање воде под истим условима (једнаке масе и исте температуре).

Повезујући претходне закључке, изводи се формулатија:

**Количина топлоте коју тело прими при загревању или отпусти при хлађењу зависи од врсте супстанце од које је изграђено, масе тела и промене његове температуре:**

$$Q = cm(t_2 - t_1) = cm \Delta t$$

где је  $c$  – **специфични топлотни капацитет** који карактерише топлотно својство тела (о њему ћемо посебно говорити),  $m$  – маса тела и  $t_2 - t_1 = \Delta t$  разлика коначне и почетне температуре тела.

Ако је почетна температура  $t_1$  виша од коначне температуре  $t_2$ , тада је  $\Delta t$  негативно, па ће количина топлоте бити са негативним предзнаком. То значи, да је дато тело отпустило одређену количину топлоте. У обратном случају, тело је примило извесну количину топлоте.

У претходном поглављу смо истакли да је механички рад мера промене механичке енергије (кинетичке или потенцијалне). Дакле, механички рад није облик енергије, већ мера промене механичке енергије.

Аналогно механичком раду и количина топлоте (топлота) је облик преношења, предаје (топлотне) енергије једног тела другом телу.

Дакле, количина топлоте и механички рад су квантитативне мере предате енергије у одговарајућим физичким процесима: микроскопског (посредством молекула, и других микрочестица) и макроскопског карактера (посредством узајамног деловања макротела, обичних тела).

Пошто су механички рад и количина топлоте мере предате енергије при макро – и микропроцесу, обе величине се изражавају јединицом енергије **џул (J)**.

### Специфични топлотни капацитет

Из израза за количину топлоте  $Q = cm \Delta t$ , налази се формула за специфични топлотни капацитет:

$$c = \frac{Q}{m\Delta t}$$

Специфични топлотни капацитет бројно је једнак количини топлоте коју треба да прими или отпусти тело масе једног килограма да би му се температура променила за један Целзијусов (или Келвинов) степен.

Специфични топлотни капацитет карактерише топлотно својство тела. За сваку супстанцу има посебну вредност. Изражава се ћулима по килограму за Целзијусов или Келвинов степен ( $\frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}$  или  $\frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ ).

Специфични топлотни капацитети неких супстанци дати су у табели 3.

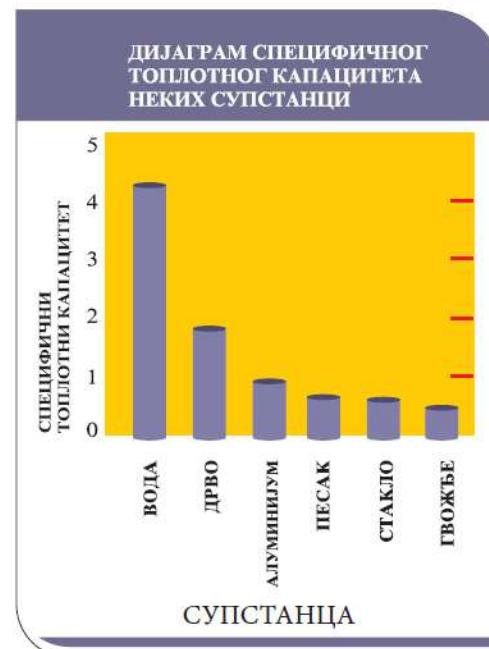
Супстанца	Специфични топлотни капацитет [J/kg K]
Вода	4200
Алкохол	2500
Лед	2100
Алиминијум	880
Стакло	800
Керамика	1100
Гвожђе	460
Цинк	380
Бакар	280
Жива	140
Олово	130
Сребро	230

Табела 3. Специфични топлотни капацитети неких супстанци

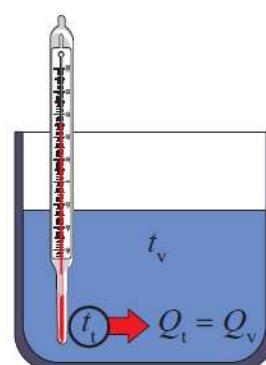
У табели 3 видимо да вода има велики специфични топлотни капацитет, а остале супстанце знатно мањи. За упоређивање специфичног топлотног капацитета супстанци погодно је користити приказ помоћу дијаграма (сл. 5.10).

### Топлотна равнотежа

Ако се у топлотно изоловани суд са водом температуре  $t_v$  урони тело температуре  $t_t$ , у нашем примеру термометар ( $t_t > t_v$ ), доћи ће до размене унутрашње енергије (сл. 5.11). Количина топлоте коју отпусти тело ( $Q_t$ ) прима вода ( $Q_v$ ). То условљава изједначавање температуре тела и воде, када настаје топлотна равнотежа.



Сл. 5.10. Дијаграм специфичној топлотној капацитета неких супстанци



Сл. 5.11.

Ако је температура топлотне равнотеже  $t$ , на основу тога може се написати **једначина топлотне равнотеже**:

$$Q_t = Q_v, \text{ односно } c_t m_t (t_t - t) = c_v m_v (t - t_v)$$

где су  $c_t$  и  $c_v$  специфични топлотни капацитети тела и воде, а  $m_t$  и  $m_v$  масе тела и воде.

## ЧЕСТИЧНА СТРУКТУРА СУПСТАНЦЕ: МОЛЕКУЛИ И ЊИХОВО ХАОТИЧНО КРЕТАЊЕ

Почетак приче о структури супстанце сеже у далеку прошлост, у време рађања древне цивилизације. Пре више од два и по миленијума, на обалама Јонског мора, у старој Хелади, почела је да се развија атомистичка мисао. У трагању за одговором из чега се састоје тела Лукреције, Леукип и Демокрит долазе до закључка да су то сићушне, невидљиве честице – **атоми** (атом на грчком значи недељив).

Представе о атомима у то време, а и много касније, биле су веома магловите. Сматрало се да су то изузетно мале, невидљиве и непроменљиве честице. Али, за разлику од тог атомистичког учења, било је и других која су заступали филозофи тзв. идеалистичке школе, са Платоном на челу.

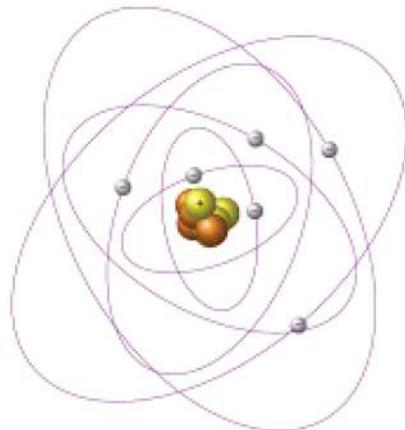
Права научна прича о атомима почиње с Далтоном и Авогадром, почетком XIX века. Учење о атомима тада добија експерименталну потврду, а идеје грчких филозофа, доживеле су тријумф.

Крајем XIX века, 1897. године, потврђено је постојање **електрона**. Тиме је срушена представа о недељивости атoma и утврђено да су атоми сложене структуре.

Наравно, поставило се питање, како су саставне честице распоређене у атому.

Важан корак у том циљу учињен је 1911. године, када је Ернест Радерфорд (Ernest Rutherford, 1871–1937) открио атомско језгро. На основу Радерфордовог открића чувени дански физичар Нилс Бор (Niels Bohr, 1885–1962) засновао је модел атoma, касније назван **Боров модел атома**. Према том моделу **атом се састоји из језгра (нуклеуса) и електронског омотача**, тј од електрона који круже око језгра. Атомско језгро је сложене структуре. Састоји се од две врсте честица: **протона и неутрона** са заједничким називом, **нуклеони**(сл. 5.12). Протон и неутрон имају приближно једнаке масе. Један протон или неутрон има око 1840 пута већу масу од електрона. Маса, dakле, атoma је концентрисана у његовом језгру, пошто се маса електрона у омотачу може практично занемарити.

Атоми, dakле, садрже три врсте честица: **протоне и неутроне у језгру и електроне у омотачу језгра**.



Сл. 5.12. Боров модел атома

Протони и електрони су наелектрисани једнаким количинама наелектрисања, али супротног предзанака: **протони су позитивно наелектрисани, а електрони негативно.**

Број протона у атомском језгру једнак је броју електрона у његовом омотачу, па су атоми електрично неутралне честице.

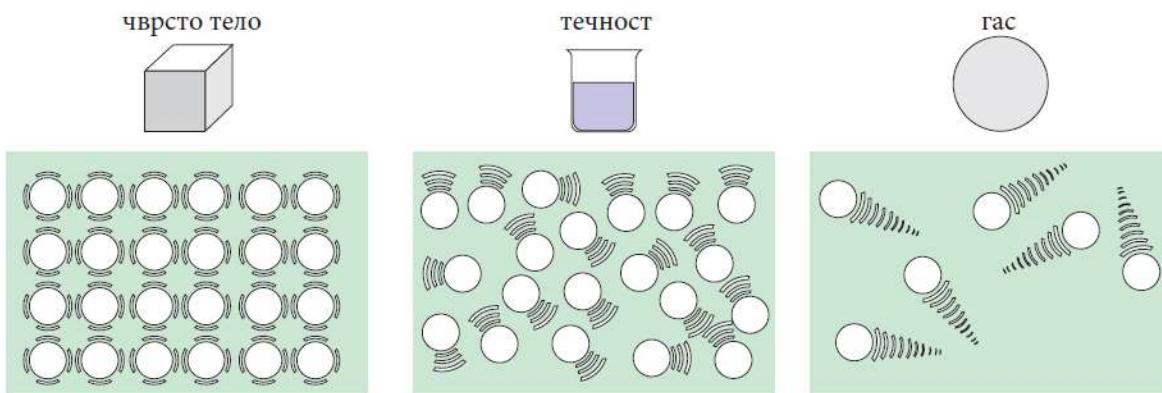
Пречник атома и са највећим бројем протона и неутрона у језгру и електрона у омотачу је реда  $10^{-10}$  м. То је испод границе човекових опажања и при употреби најсавременијих микроскопа. Пречник атомског језгра је око 100 000 пута мањи од пречника атома ( $10^{-15}$  м).

(О структури атома и разним процесима у атому детаљније ће се говорити у VIII разреду; имаћете прилику да своја сазнања допуните и на часовима хемије).

Честице састављене од атома су **молекули**. Најмања честица одређене супстанце која задржава њена основна својства и може самостално постојати је **молекул**.

## ТОПЛОТНО КРЕТАЊЕ

Установљено је да међу молекулима (атомима) делују молекулске силе (о којима ћете више сазнати у средњој школи). Највећег су интензитета код чврстих тела, нешто мањег код течности, а најмањег интензитета су код гасова. Код разрађених гасова међумолекулске сile су толико малог интензитета, да се могу практично и занемарити. Интензитет молекулских сила одређује степен покретљивости молекула у телима. Највећу слободу кретања имају молекули у гасовима. На слици 5.13 приказани су молекули у чврстом, течном и гасовитом телу.



Сл. 5.13. Молекулска структура: чврсто тело, течност и гас

Сва тела се, дакле, сastoјe из огромног броја молекула (атома) који сe непрекидно неуређено крећу. У току кретања молекули сe стално међусобно сударају. После сваког судара молекул мења интензитет брзине, правац и смер кретања. Услед тога путања молекула (атома) је изломљена (цик - цак) линија. Брзине молекула су веома различите; њихове вредности су у распону од неке минималне, чак и нулте вредности, до неких максималних вредности и до неколико стотина метара у секунди.

На слици 5.14 приказана су кретања молекула гаса увећана преко милион пута.

**Неуређено (хаотично) кретање молекула (атома) или других саставних честица тела назива се топлотно кретање.**

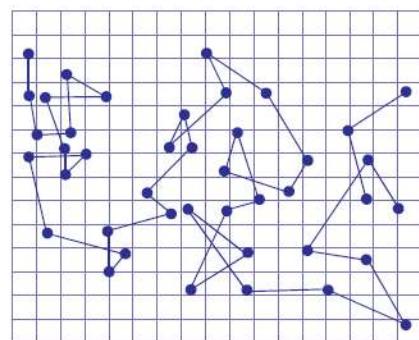
Топлотно кретање микрочестица се испољава у облику **топлотних појава**.

Многе појаве потврђују да се молекули непрекидно крећу: мешање течности (растврање мастила у води) и гасова (развијање дима, магле у ваздуху), простирање мириза, испарање течности итд.

Под механичким кретањем посматрали смо кретање тела као целине. При томе нисмо узимали у обзир структуру супстанце. Под топлотним кретањем подразумева се кретање огромног броја микрочестица (молекула, атома и др.) у телу, без обзира на то да ли је тело у стању мировања или кретања.

Механичко кретање тела изазивају спољашње силе као што су: сила вуче, сила мишића, сила еластичности, Земљина тежа и друге. Топлотно кретање је условљено међумолекулским силама чији је „извор“ у самом телу.

**Топлотно кретање је посебан облик кретања које се одвија у самим телима.** Зато се тај облик кретања назива и **унутрашње кретање**, а одговарајућа енергија – **унутрашња енергија**.



Сл. 5.14. Кретање молекула гаса

## УНУТРАШЊА ЕНЕРГИЈА И ТЕМПЕРАТУРА

Упознали смо топлотно кретање као посебан облик кретања (унутрашње кретање) чији су носиоци молекули, атоми и друге саставне честице тела. Установили смо да том кретању одговара **унутрашња енергија**.

У општем смислу под унутрашњом енергијом тела подразумева се: енергија молекула (атома), енергија електрона у атомским омотачима и енергија протона и неутрона (нуклеона) у атомским језгрима. Али, због једноставности појам унутрашње енергије ограничићемо само на кинетичку енергију транслаторног кретања молекула.

**Унутрашња енергија тела једнака је средњој вредности кинетичке енергије његових молекула.**

Што је кретање молекула брже, то је унутрашња енергија тела већа. Унутрашња енергија килограма леда је мања од унутрашње енергије килограма воде и на истој температури (сл. 5.15). Литар загрејане воде има већу унутрашњу енергију од унутрашње енергије литра хладне воде.



Сл. 5.15. Унутрашња енергија леда је мања од унутрашње енергије воде

По јединици масе, водена пара има већу унутрашњу енергију од кључале воде и на истој температури (сл. 5.16). Килограм усисаног гвожђа има већу унутрашњу енергију од унутрашње енергије тог комада гвожђа на собној температури итд.

Унутрашња енергија тела је релативно велика. На пример, један кубни метар ваздуха, или неког другог гаса, на собној температури и атмосферском притиску, има унутрашњу енергију од преко 120 kJ, што је приближно једнако раду потребном да се терет од 4 тоне подигне на висину од 3 м. Међутим, док се гравитациона потенцијална енергија терета на висини од 3 м релативно лако може искористити за вршење механичког рада, трансформација унутрашње енергије кубног метра ваздуха у користан механички рад је врло сложен процес. Због хаотичног кретања молекула гаса, само се мали део унутрашње енергије може трансформисати у механички рад. Обрнут процес, тј.

претварање механичке енергије у унутрашњу енергију тела је знатно једноставније. То ћемо илустровати следећим примерима.

За постоење је причвршћен метални цилиндрични суд танких зидова. У суд се налије мало етра, добро се затвори и обавије ужетом чији се слободни крајеви вуку снажно и наизменично (сл. 5.17). Услед рада против сile трења између суда и ужета, загрева се суд и етар у суду. Почиње кључање и етарска пара избацује запушач. У овом огледу се механички рад, извршен повлачењем ужета, претвара прво у унутрашњу енергију суда и ужета, а затим делимично и у унутрашњу енергију етра. На рачун унутрашње енергије етар се шири, врши механички рад, услед чега је запушач избачен.

Кад длетом обрађујемо дрвене предмете, загрева се длето (сл. 5.18).

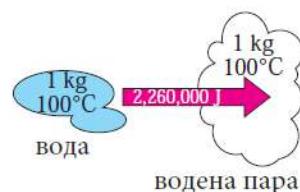
Пројектили из оруђа, који се крећу великом брзином, при удару у мету могу се толико загрејати да се истопе.

Раније смо дефинисали температуру (са макроскопског становишта) као величину којом се одређује степен загрејаности тела.

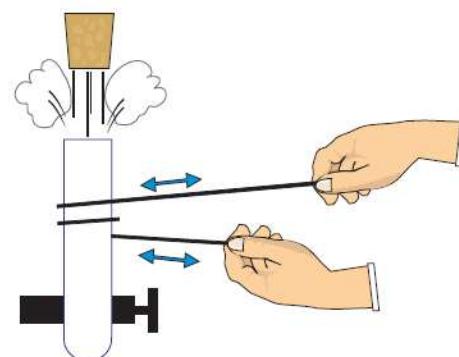
Друга дефиниција температуре (која има дубљи физички смисао) везује се за топлотно кретање, односно за унутрашњу енергију тела.

**Температура је мера унутрашње енергије тела.**

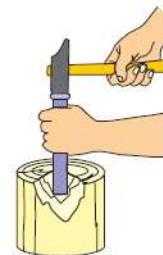
Унутрашња енергија код гасова практично се своди на кинетичку енергију молекула.



Сл. 5.16. Унутрашња енергија воде је мања од унутрашње енергије водене паре



Сл. 5.17. Претварање механичке у топлотну енергију



Сл. 5.18.

Температура је сразмерна средњој кинетичкој енергији хаотичног (неуређеног) кретања молекула гаса:

$$T \sim \bar{E}_k = \frac{1}{2} n m \bar{v}^2$$

где је  $n$  број молекула,  $m$  маса једног молекула и  $\bar{v}$  средња вредност брзине свих молекула гаса у суду.

Из претходне формуле се види да је температура једнака нули ако је средња енергија (средња брзина) молекула једнака нули. То је најнижа могућа теоријска вредност температуре зато што кинетичка енергија не може да има негативну вредност. Температура на којој престаје хаотично кретање молекула (или других честица), када је кинетичка енергија (брзина) свих честица једнака нули назива се **апсолутна нула**. Њена вредност је  $-273,15^{\circ}\text{C}$ . Обично се та вредност заокружује на  $-273^{\circ}\text{C}$ .

## 5. СИСТЕМАТИЗАЦИЈА И ОБНАВЉАЊЕ ГРАДИВА

- Већина тела у природи при загревању се шире (повећавају запремину), а при хлађењу се скупљају (смањују запремину). Линеарно ширење при загревању посебно се опажа код тела чија је једна димензија (дужина) знатно већа од друге две димензије (ширине и дебљине). У таква тела спадају: метална шипка, жица, греда итд. Када су све три димензије тела једнаке или приближно исте, нпр. код тела у облику коцке, ваљка или лопте, онда се промене димензија при загревању испољавају као промена запремине тела.

Промена запремине тела при промени температуре најмање се опажа код чврстих тела, нешто више код течности, а највише код гасова.

- **Величина којом се карактерише степен загрејаности тела је температура**, или са микроскопског становишта: **температура је мера унутрашње енергије тела**.

Код разређених гасова температура је сразмерна средњој кинетичкој енергији молекула, атома, јона, електрона и других честица.

- Постоје три температурне скале: **Келвинова скала** у којој је јединица **келвин** (K). Температура исказана у келвинима означава се са  $T$  и назива се **апсолутна температура**. У пракси се обично користи Целзијусова скала са јединицом **Целзијусов степен** ( $^{\circ}\text{C}$ ). Означава се са  $t$ .

Температура по Келвиновој скали  $T$  израчунава се тако што се броју 273 дода температура  $t$  мерена у Целзијусовој скали:

$$T = (273 + \frac{t}{^{\circ}\text{C}}) \text{ K.}$$

У Енглеској и Америци користи се још тзв. **Фаренхајтова скала** и **Фаренхајтов степен** ( $^{\circ}\text{F}$ ).

За мерење температуре користе се **термометри**. Засновани су на познатом понашању тела да се при загревању шире, а при хлађењу скупљају. Најчешће се користе **термометри са живом и термометри са алкохолом**.

У последње време све више су у употреби **дигитални термометри**.

- Неуређено (хаотично) кретање молекула, атома или других саставних честица тела назива се **топлотно кретање**, а одговарајућа енергија – **унутрашња енергија**.

- Величина којом се одређује размењена унутрашња (топлотна енергија) енергија између тела или делова тела је **количина топлоте**.

$$Q = cm \Delta t = cm\Delta T$$

где је  $c$  – специфични топлотни капацитет тела, који зависи од врсте (природе) супстанце (грађе тела),  $m$  – маса тела и  $\Delta t = t_2 - t_1$  (или  $\Delta T = T_2 - T_1$ ) разлика температура између тела која су у топлотном контакту.

Количина топлоте потребна за загревање (хлађење) 1 kg неке супстанце за један Целзијусов степен ( $1^\circ\text{C}$ ) или за један келвин ( $1\text{K}$ ), назива се **специфични топлотни капацитет**.

## ОСМА ЛАБОРАТОРИЈСКА ВЕЖБА

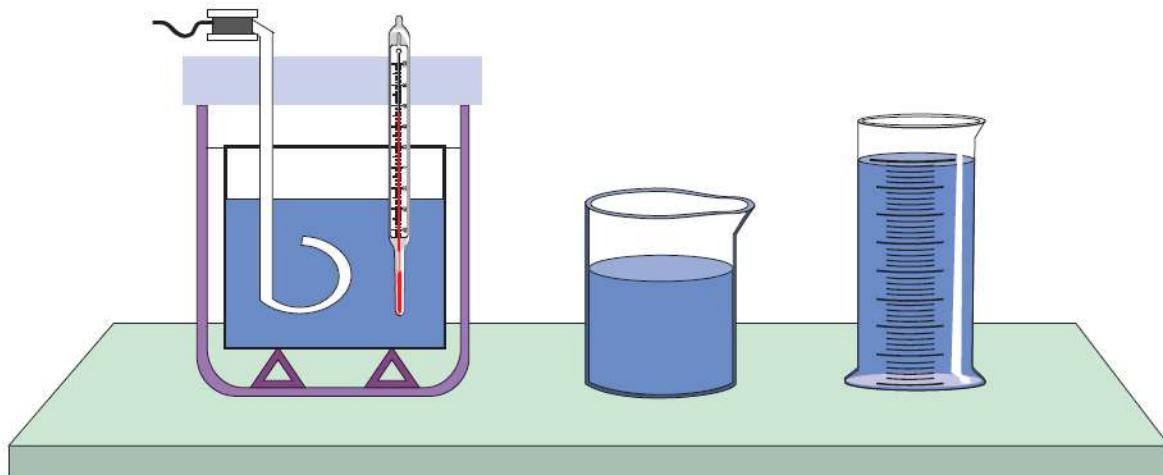
### МЕРЕЊЕ ТЕМПЕРАТУРЕ МЕШАВИНЕ ТОПЛЕ И ХЛАДНЕ ВОДЕ ПОСЛЕ УСПОСТАВЉАЊА ТОПЛОТНЕ РАВНОТЕЖЕ

#### Задатак

Одредити температуру мешавине топле и хладне воде мерењем њихове масе, почетних температура, познавајући специфични топлотни капацитет воде.

#### Прибор

За мерење температуре мешавине топле и хладне воде потребни су: калориметар са грејачем (може да се користи и решо), суд са топлом и суд са хладном водом, термометар, теразије или мензура, стаклена или пластична мешалица.



#### Упутство

Помоћу теразија или мензуре одредити масу претходно угрејане топле воде. Термометром измерити њену температуру. Затим топлу воду сипати у калориметарски суд (нешто мање од половине). Исто урадити и са хладном водом (може се користити вода са чесме).

Када су топла и хладна вода насунте у калориметарски суд мешати их мешалицом до изједначавања температуре, односно успостављања топлотне равнотеже. После тога измерити температуру мешавине  $t_m$ , чија се вредност проверава на основу једначине топлотне равнотеже: смањење унутрашње енергије топле воде  $Q_t$  једнако је повећању унутрашње енергије хладне воде  $Q_h$ :

$$Q_t = Q_h,$$

односно:  $m_t c (t_t - t_m) = m_h c (t_m - t_h)$ .

Из ове формуле налази се температура мешавине топле и хладне воде:

$$t_m = \frac{m_t t_t + m_h t_h}{m_t + m_h}$$

### Приказивање резултата

Измерене и израчунате вредности унети у табелу.

Број мерења	Маса топле воде $m$ [kg]	Маса хладне воде $m_h$ [kg]	Температура топле воде $t_t$ [°C]	Температура хладне воде $t_h$ [°C]	Температура мешавине $t_m$ [°C]
1					
2					
3					

**Напомена:** Занемарена је промена унутрашње енергије калориметарског суда са мешалицом и термометром јер су њихови специфични топлотни капацитети знатно мањи у односу на специфични топлотни капацитет воде.

### Закључак

Средња вредност, апсолутна и релативна грешка:

---

---

---

---

## ПИТАЊА И ЗАДАЦИ СА ОДГОВОРИМА И РЕШЕЊИМА

1. Тела се при загревању шире, а при хлађењу скупљају. Како се то објашњава?

**Одговор:**

Када температура тела расте, повећава се средње распојање између молекула, атома (услед повећања њихове средње брзине), а што и димензије тела, односно њихова здравина. Код хлађења (снижавања температуре) тела, дешава се обратано.

2. Затворена соба зими се загрева неким грејним телом (радијатор, пећ, грејалица). Зашто је тада топлији ваздух ближе плафону, а хладнији изнад пода?

**Одговор:**

Топлији ваздух је „лакши“ (има мању турбину), па ћа топлији хладнији ваздух испуштати према телефону.

3. Флаше у којима се чувају течности (посебно оне које угрожавају човеково здравље) не пуне се до врха. Зашто?

**Одговор:**

Течностима се при зајревању шире, услед чега може доћи до испрскивања чеја, односно до изливања течности.

4. Наведите примере у којима се мора узети у обзир линеарно ширење тела при загревању, односно њихово скупљање при хлађењу.

**Одговор:**

Појава линеарног ширења при зајревању, односно скрутања тела при хлађењу мора се узети у обзир код металних конструкција (нпр. москита), при постављању железничких и трамвајских шина, телефонских жица, електричних водова, јер се лепље и зимске температуре могу разликовати и до  $50^{\circ}\text{C}$ . Размак између шина лепти се смањује, а зими се повећава. Телефонске и електричне жице лепти су ојуштене, а зими заштитне.

5. Како се дефинише температура?

**Одговор:**

Са макроскопској гледиштама: температура је величина којом се дефинише (одређује) стапајен зајрења тела. Са микроскопском стаповиштама: температура је сразмерна средњој кинетичкој енергији хаотичној (неуређеној) кретања молекула, атома јона и других честица.

6. Које су температурне скале у употреби и навести њихове мерење јединице?

**Одговор:**

Постоје три температурне скале и њихове одговарајуће мерење јединице. У науци (физици) обично се користи Келвинова (атсолутна) температурна скала са мерном јединицом келвин (K). У практици најчешће се употребљава Целзијусова температура, која је дефинисана као разница између температуре тела и температуре леденог тела (0 K) и температуре варовног тела (100 K).

штурна скала са мерном јединицом Целзијусов стиден ( $^{\circ}\text{C}$ ). У Америци и Енглеској још се користи Фаренхајтова скала са мерном јединицом Фаренхајтов стиден ( $^{\circ}\text{F}$ ).

7. Колика је апсолутна нула изражена: а) у Келвиновим степенима (К); б) Целзијусовим степенима ( $^{\circ}\text{C}$ )?

**Одговор:**

Пог а) 0 К; б)  $-273^{\circ}\text{C}$ .

8. Најнижа (до сада) забележена температура ваздуха у нашој земљи је  $-38^{\circ}\text{C}$ . Колика је била апсолутна температура тог ваздуха?

**Подаци:**  $t = -38^{\circ}\text{C}$ ;  $T = ?$

$$T = (273 + \frac{t}{^{\circ}\text{C}}) \text{ K} = 235 \text{ K.}$$

9. Температура тела се променила за  $25^{\circ}\text{C}$ . Колика је промена апсолутне температуре тела?

**Подаци:**  $\Delta t = 25^{\circ}\text{C}$ ;  $\Delta T = ?$

Промена апсолутне температуре тела је

$$\Delta T = 25 \text{ K.}$$

10. Собна температура је  $27^{\circ}\text{C}$ . Изразити ту температуру у Келвиновој (апсолутној) температурној скали.

**Подаци:**  $t = 27^{\circ}\text{C}$ ;  $T = ?$

$$T = (273 + \frac{t}{^{\circ}\text{C}}) \text{ K} = 300 \text{ K.}$$

11. Да ли се помоћу термометра са живом могу увек мерити зимске температуре у Сибири?

**Одговор:**

Живим термометром могу се мерији само температуре изнад  $-39^{\circ}\text{C}$ , још то се на тој температури жива мрзне. У Сибири су зими температуре често ниже од  $-39^{\circ}\text{C}$ , па се термометар са живом не може користити за мерење тако ниског температура.

12. Апсолутна температура на површини Сунца износи 6300 К. Изразити ту температуру у Целзијусовој температурној скали.

**Подаци:**  $T = 6300 \text{ K}$ ;  $t [^{\circ}\text{C}] = ?$

$$t [^{\circ}\text{C}] = (\frac{T}{\text{K}} - 273) ^{\circ}\text{C} = 6027 ^{\circ}\text{C}.$$

13. Апсолутна температура на којој ваздух прелази у чврсто стање (смрзава се) је 73 К. Изразити ту температуру у Целзијусовој температурној скали.

**Подаци:**  $T = 73 \text{ K}$ ;  $t = [{}^\circ\text{C}] = ?$

$$t = \left( \frac{T}{K} - 273 \right) {}^\circ\text{C} = -200 {}^\circ\text{C}.$$

**14.** Да ли се зимске температуре у Сибиру могу мерити термометром са живом?

**Одговор:**

Не могују, јер зимске температуре у Сибиру падају и испод  $-40 {}^\circ\text{C}$ , а жива мрзне на  $-39 {}^\circ\text{C}$ .

**15.** Колика је количина топлоте коју прими  $1 \text{ l}$  воде при загревању од  $20 {}^\circ\text{C}$  до  $100 {}^\circ\text{C}$ ? Специфични топлотни капацитет воде је  $4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ , а густина воде  $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

**Подаци:**  $V = 1 \text{ l}$ ,  $t_1 = 20 {}^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 100 {}^\circ\text{C}$ ,  $c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ ,  $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ;  $Q = ?$

Количина топлоте коју прими вода при загревању је:

$$Q = cm(t_2 - t_1) = c\rho V(t_2 - t_1) = 336 \text{ kJ}.$$

**16.** У суду се налази  $25 \text{ l}$  воде на температури  $23 {}^\circ\text{C}$ . У воду се уноси гвоздено тело масе  $0,5 \text{ kg}$  и температуре  $450 {}^\circ\text{C}$ . Одредити температуру топлотне равнотеже. Специфични топлотни капацитет воде је  $4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ , а гвожђа  $448 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ . Занемарити количину топлоте која се троши на загревање суда.

**Подаци:**  $V = 25 \text{ l}$ ,  $t_v = 23 {}^\circ\text{C}$ ,  $m_t = 0,5 \text{ kg}$ ,  $t_t = 450 {}^\circ\text{C}$ ,

$$c_v = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}, c_t = 448 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}; t = ?$$

Количина топлоте коју изведене тело охлади једнака је количини топлоте коју прими вода:  $Q_t = Q_v$ ,  
односно:  $m_t c_t (t_t - t) = m_v c_v (t - t_v) = \rho V c_v (t - t_v)$ ,  
изе је  $m_v = \rho V$ .

$$t = \frac{m_t c_t t_t + \rho V c_v t_v}{m_t c_t + \rho V c_v} = 23,91 {}^\circ\text{C}.$$

**17.** Уље масе  $200 \text{ g}$  при повишењу температуре за  $5 {}^\circ\text{C}$  прими количину топлоте  $4100 \text{ J}$ . Колики је специфични топлотни капацитет уља?

**Подаци:**  $m = 200 \text{ g} = 0,2 \text{ kg}$ ,  $\Delta t = 5 {}^\circ\text{C}$ ,  $Q_1 = 4100 \text{ J}$ ;  $c = ?$

$$Q = cm \Delta t,$$

односно:  $c = \frac{Q}{m\Delta t} = 4100 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \left( \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right).$

**18.** Метални предмет масе 4 kg и специфичног топлотног капацитета  $440 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ , охлади се са температуре  $150^{\circ}\text{C}$  на температуру  $50^{\circ}\text{C}$ . Израчунати количину топлоте коју метал отпушти при хлађењу.

**Подаци:**  $m = 4 \text{ kg}$ ,  $t_1 = 150^{\circ}\text{C}$ ,  $t_2 = 50^{\circ}\text{C}$ ,  $c = 440 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ ;  $Q = ?$

Количина топлоте коју метални предмет оштитиши при хлађењу износи:

$$Q = cm(t_1 - t_2) = 176 \text{ kJ.}$$

**19.** У суду се налази 1 l воде на температури  $5^{\circ}\text{C}$ . Затим се дода још 2 l воде чија је температура  $65^{\circ}\text{C}$ . Колика је температура помешане воде на температури топлотне равнотеже? Густина воде је  $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

**Подаци:**  $V_1 = 1 \text{ l}$ ,  $V_2 = 2 \text{ l}$ ,  $t_1 = 5^{\circ}\text{C}$ ,  $t_2 = 65^{\circ}\text{S}$ ,  $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ;  $t_s = ?$

На температури топлотне равнотеже је:

$$Q_1 = Q_2; cm_1(t_s - t_1) = cm_2(t_2 - t_s),$$

односно:  $c\rho V_1(t_s - t_1) = c\rho V_2(t_2 - t_s)$ ,

$$V_1(t_s - t_1) = V_2(t_2 - t_s).$$

Одавде се добија:

$$t_s = \frac{V_1 t_1 + V_2 t_2}{V_1 + V_2} = 45^{\circ}\text{C.}$$

**20.** Висина Нијагариних водопада је око 50 m. Израчунати за колико степени се повиси температура воде при паду, сматрајући да се сва кинетичка енергија воде „потроши“ на њено загревање.

Специфични топлотни капацитет воде је  $4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ , а убрзање Земљине теже  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

**Подаци:**  $h = 50 \text{ m}$ ,  $c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $\Delta t = ?$

Кинетичка енергија воде у подножју водопада једнака је правилационој потенцијалној енергији воде на врху водопада:

$$E_k = E_p = mgh = cm \Delta t; \Delta t = \frac{gh}{c} = 0,12^{\circ}\text{C.}$$

**21.** Оловне куглице масе  $0,001 \text{ kg}$  чија је температура  $75^\circ\text{C}$  стављају се у суд у којем се налази  $0,18 \text{ l}$  воде на температури  $23^\circ\text{C}$ . Колико куглица треба убацити у воду да би температура после успостављања топлотне равнотеже, била  $25^\circ\text{C}$ ? Специфични топлотни капацитет воде је  $4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ , а олова  $128 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ . Густина воде је  $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

**Подаци:**  $m_1 = 0,001 \text{ kg}$ ,  $t_1 = 75^\circ\text{C}$ ,  $V = 0,18 \text{ l}$ ,  $t_2 = 23^\circ\text{C}$ ,  $t = 25^\circ\text{C}$ ,

$$c_2 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}, c_1 = 128 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}, \rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; n = ?$$

Полази се од једначине топлотне равнотеже:

$$n c_1 m_1 (t_1 - t) = c_2 m_2 (t - t_2) = \rho V c_2 (t - t_2)$$

Број куглица које треба убацити у воду је:

$$n = \frac{\rho V c_2 (t - t_2)}{c_1 m_1 (t_1 - t)} = 236.$$

**22.** Шта је унутрашња енергија тела?

Унутрашња енергија је енергија молекула, атома и других саставних честица тела.

**23.** На који облик се своди унутрашња енергија разређених гасова?

Унутрашња енергија, посебно када је реч о разређеним гасовима, своди се на кинетичку енергију молекула гаса.

## ТЕСТ ЗНАЊА

1. Температура леда је  $-3^{\circ}\text{C}$ . Колика је апсолутна температура леда?

Број поена 5

2. Количина топлоте зависи од специфичног \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ и температурске \_\_\_\_\_:  $Q = \dots$ .

Број поена 5

3. Електричним грејачем снаге 700 W загрева се 0,5 kg воде 3 min. Температура воде пре загревања била је  $20^{\circ}\text{C}$ . Одредити њену температуру на крају загревања?

Специфични топлотни капацитет воде је  $4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ .

Број поена 10

4. Особа на дијети може да сmrша пијући хладну воду (на  $0^{\circ}\text{C}$ ). У организму се сагорева одређена количина масноће да би се температура ледене воде са  $0^{\circ}\text{C}$  изједначила са телесном температуром (заокружићемо на  $37^{\circ}\text{C}$ ). Колико воде треба да попије особа на дијети да би „изгубила“ 0,4 kg масноће, ако се при сагоревању ове количине масноће ослободи количина топлоте од 14,7 MJ? Специфични топлотни капацитет воде је  $4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ .

Број поена 10

5. Електрични чајник садржи 2 l воде на температури  $20^{\circ}\text{C}$ . Вода у чајнику се загреје на  $100^{\circ}\text{C}$  после 7 min. Специфични топлотни капацитет воде је  $4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ . Густина воде износи  $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .



a) Израчунати количину топлоте коју вода прими при загревању.

б) Колика је снага електричног грејача чајника?

Број поена 10

6. У стаклену чашу масе 0,12 kg чија је температура  $9^{\circ}\text{C}$  сипа се 0,5 l воде температуре  $100^{\circ}\text{C}$ . По успостављању топлотне равнотеже температура воде у чashi је  $96^{\circ}\text{C}$ . Наћи специфични топлотни капацитет стакла од којег је израђена чаша? Специфични топлотни капацитет воде износи  $4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ , а густина воде  $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

Број поена 5

7. У бакарни чајник чија је температура  $10^{\circ}\text{C}$  сипа се  $1\text{ l}$  воде температуре  $100^{\circ}\text{C}$ . Када се успостави топлотна равнотежа температура воде и чајника је  $75^{\circ}\text{C}$ . Израчунати масу чајника, ако је специфични топлотни капацитет бакра  $390 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ .



Број поена 5

8. Метални предмет температуре  $100^{\circ}\text{C}$  ставља се у суд у коме се налази  $0,3\text{ kg}$  течности температуре  $16^{\circ}\text{C}$ . Када се успостави топлотна равнотежа температура течности је  $20^{\circ}\text{C}$ . Одредити масу метала, ако је специфични топлотни капацитет течности пет пута већи од специфичног топлотног капацитета метала.

Број поена 10

9. Највиши водопад на свету налази се у Венецуели и висок је  $979\text{ m}$ . Израчунати за колико се степени повиси температура воде при паду, ако се претпостави да се целокупна кинетичка енергија воде „троши“ на њено загревање. Специфични топлотни капацитет воде је  $4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ . Убрзање Земљине теже износи  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

Број поена 10

10. Снага електричног грејача у чајнику је  $1,5\text{ kW}$ . У чајнику се налази  $1\text{ l}$  воде чија је температура  $20^{\circ}\text{C}$ . Колико времена чајник треба да буде укључен у електричну струју да би се температура воде повисила на  $100^{\circ}\text{C}$ . Специфични топлотни капацитет воде је  $4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ , а густина воде  $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

Број поена 10

11. При брзини аутомобила  $30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  возач почиње да кочи. Маса кочионог система је  $20\text{ kg}$ , а специфични топлотни капацитет материјала од кога су кочнице направљене износи  $450 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ . За колико се повиси температура кочионог система ако се претпостави да се целокупна кинетичка енергија трансформише у унутрашњу енергију кочница? Маса аутомобила је  $1000\text{ kg}$ .

Број поена 10

12. Оловна кугла масе  $1\text{ kg}$  пала је са висине  $10\text{ m}$  на хоризонталну подлогу. Одредити промену температуре кугле услед пада на подлогу ако се претпостави да се половина механичке енергије кугле „троши“ на њено загревање (друга половина загрева подлогу). Специфични топлотни капацитет олова је  $128 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ . Убрзање Земљине гравитационе сile износи  $9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

Број поена 5

13. Каква је разлика између унутрашње енергије и количине топлоте?

Број поена 5

## РЕШЕЊЕ ТЕСТОВА

### 1. СИЛА И КРЕТАЊЕ

1. Под г)

2. Маса тела не зависи од убрзања, али убрзање зависи од масе датог тела: при деловању исте силе веће убрзање добија тело мање масе.

3. Подаци:  $F = 100 \text{ N}$ ,  $a = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $m = ?$

На основу Другог Њутновог закона  $F = ma$ , добија се:

$$m = \frac{F}{a} = \frac{100 \text{ N}}{2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 50 \text{ kg}.$$

4. Подаци:  $F = 50 \text{ N}$ ,  $m_s = 10 \text{ kg}$ ,  $a = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $m_d = ?$

Полазећи од Другог Њутновог закона  $F = (m_s + m_d) a$ ,

дебија се:  $m_d = \frac{F - m_s a}{a} = \frac{50 \text{ N} - 10 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 40 \text{ kg}.$

5. Правац и смер брзине и убрзања се поклапају код равномерно убрзаног праволинијског кретања. Међутим, код равномерно успореног праволинијског кретања брзина и убрзање имају исте правце, али супротне смерове.

6. Подаци:  $v_0 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $v = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $t = 6 \text{ s}$ ;  $a = ? \text{ s} = ?$

Убрзање бициклисте је:

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{8 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{6 \text{ s}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Пут бициклисте:  $s = v_s \cdot t = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t = \frac{2 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \text{ s}} \cdot 6 \text{ s} = 30 \text{ m}.$

**7. Подаци:**  $v = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $t = 15 \text{ s}$ ;  $a = ?$   $s = ?$

Убрзање мотоциклисте износи:

$$a = \frac{v}{t} = \frac{15 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{15 \text{ s}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2},$$

а пут који је прешао мотоциклиста:

$$s = \frac{1}{2} at^2 = 12,5 \text{ m.}$$

**8. Подаци:**  $v_0 = 0$ ,  $t_1 = 3 \text{ min}$ ,  $a = 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $t_2 = 10 \text{ min}$ ,  $t_3 = 3 \text{ min}$ ;  $s = ?$   $v_s = ?$

Пут аутобуса у првих 3 min је:

$$s_1 = \frac{1}{2} at_1^2 = 3240 \text{ m.}$$

Брзина аутобуса на крају равномерно убрзаног кретања је:

$v = at_1 = 36 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ , а пређени пут у току равномерно праволинијског кретања:

$$s_2 = v t_2 = 21600 \text{ m.}$$

Пут који аутомобил пређе током равномерно успореног кретања, износи:

$$s_3 = \frac{1}{2} at_3^2 = 3240 \text{ m.}$$

Укупан пут аутобуса је:

$$s = s_1 + s_2 + s_3 = 28080 \text{ m}$$

$$s = 28,08 \text{ km.}$$

Овај пут је пређен за време:  $t = t_1 + t_2 + t_3 = 16 \text{ min}$

па је средња вредност брзине:  $v_s = \frac{s}{t} = 29,25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

**9. Подаци:**  $\ell = 120 \text{ m}$ ,  $a = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $v_0 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ;  $t = ?$   $d = ?$

Из израза за брзину равномерно успореног кретања  $v = v_0 - at$ , у тренутку заустављања ( $v = 0$ ), налази се:

$$t = \frac{v_0}{a} = \frac{20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 10 \text{ s.}$$

Пут који је камион прешао до заустављања је:  $s = v_s \cdot t = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t = 100 \text{ m}$

$$\text{Или: } s = v_0 t - \frac{1}{2} at^2 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 10 \text{ s} - \frac{1}{2} 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 100 \text{ s}^2$$

$$s = 100 \text{ m.}$$

Растојање између камиона и краве у тренутку заустављања, износи:

$$d = \ell - s = 20 \text{ m.}$$

**10. Подаци:**  $v_0 = 0$ ,  $t = 5 \text{ s}$ ,  $v = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ;  $a = ?$   $s = ?$

Брзина аутомобила који се креће равномерно убрзано без почетне брзине ( $v_0 = 0$ ):

$$v = at, \text{ односно: } a = \frac{v}{t} = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2},$$

$$\text{а одговарајући пређени пут: } s = v_s \cdot t = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t = \frac{v}{2} \cdot t = \frac{30 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2} \cdot 5 \text{ s} = 75 \text{ m.}$$

$$\text{Или: } s = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} 6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 25 \text{ s}^2 = 75 \text{ m.}$$

**11. Подаци:**  $t_1 = 20 \text{ s}$ ,  $t_2 = 40 \text{ s}$ ;  $v_{\max} = ?$   $s = ?$

Са графикона у поставци задатка се види да је

$$\text{максимална брзина бициклисте } v_{\max} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

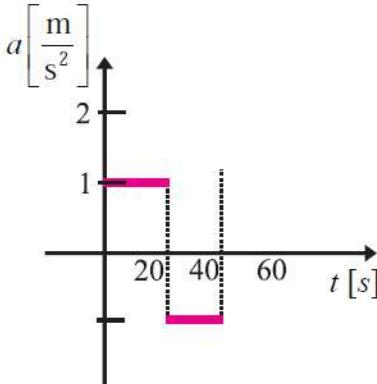
Убрзање бициклисте првих  $t_1 = 20 \text{ s}$  кретања, износи:

$$a = \frac{v}{t_1} = \frac{20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{20 \text{ s}} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2},$$

а наредних 20 s бициклиста се креће једнако успорено са истим интензитетом убрзања.

$$\text{За } 40 \text{ s бициклиста пређе пут: } s = 2 \cdot \frac{1}{2} at^2 = at^2 = 1600 \text{ m.}$$

**12. Сва три тела имају једнаке интензите убрзања, али се тела 1 и 2 крећу равномерно убрзано, а тело 3 равномерно успорено; тело 2 и 3 имају исте вредности почетне брзине ( $v_0 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ), а почетна брзина тела 1 је једнака нули ( $v_0 = 0$ ).**



**13. Подаци:**  $m = 9 \text{ kg}$ ,  $v_0 = 40 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $s = 15 \text{ m}$ ;  $F = ?$

Интензитет сile којом треба деловати на тело да би се оно зауставило је:

$$F = ma.$$

Пут и брзина на крају тог пута при равномерно успореном кретању, повезани су релацијом:  $v^2 = v_0^2 - 2as$ .

На крају пута (када се тело зауставило), брзина тела једнака је нули ( $v = 0$ ), па је:

$$a = \frac{v_0^2}{2s}.$$

Заменом у формули за интензитет силе, израчунава се:

$$F = ma = \frac{mv_0^2}{2s} = \frac{9 \text{ kg}}{30 \text{ m}} \cdot 1600 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = 480 \text{ N.}$$

**14. Подаци:**  $F = 4 \text{ N}$ ,  $s = 40 \text{ m}$ ,  $t = 10 \text{ s}$ ,  $v_0 = 0$ ;  $m = ?$

Из формуле за пут при равномерно убрзаном праволинијском кретању (без почетне брзине,  $v_0 = 0$ ):  $s = \frac{1}{2} at^2$  израчунава се интензитет убрзања:  $a = \frac{2s}{t^2} = 0,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

Пошто је интензитет силе  $F = ma$ , добија се:

$$m = \frac{F}{a} = \frac{4 \text{ N}}{0,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}, \text{ односно } m = 5 \text{ kg.}$$

**15. Подаци:**  $m = 2500 \text{ kg}$ ,  $v_0 = 0$ ,  $t = 30 \text{ s}$ ,  $s = 450 \text{ m}$ ,  $a = \text{const}$ ;  $F = ?$

Из израза за пут  $s = \frac{1}{2} at^2$ , налази се убрзање:  $a = \frac{2s}{t^2} = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

Интензитет вучне силе мотора је:  $F = ma = 2500 \text{ N}$ .

**16. Подаци:**  $m_1 = 40 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 50 \text{ kg}$ ,  $F_1 = 10 \text{ N}$ ;  $a_1 = ?$   $a_2 = ?$

На основу трећег Њутновог закона (Закона акције и реакције), имамо:

$$F_1 = F_2 = 10 \text{ N}, \text{ одавде је: } a_1 = \frac{F_1}{m_1} = 0,25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{ и } a_2 = \frac{F_2}{m_2} = 0,20 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

**17.** У току истицања воде кроз отвор суда, колица ће се померити у супротном смеру од смера млаза воде (слева – удесно). Кретање колица изазива сила реакције или притиска која условљава истицање воде.

**18.** Сила акције и сила реакције делују на различита тела и зато се њихова међусобна деловања не могу поништити. Међусобно се могу компензовати само две силе које делују на исто тело.

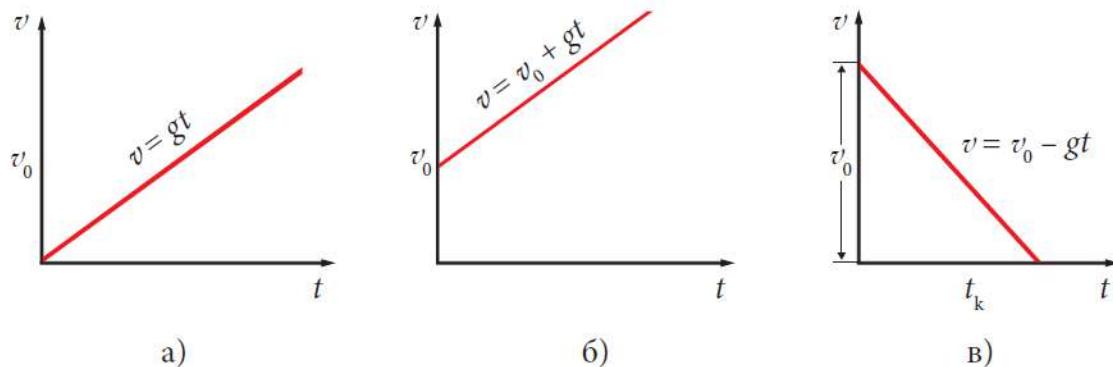
## 2. КРЕТАЊЕ ТЕЛА ПОД ДЕЈСТВОМ ЗЕМЉИНЕ ТЕЖЕ. СИЛЕ ТРЕЊА

1. Тело се под утицајем Земљине теже креће праволинијски када је његова почетна брзина једнака нули и када је правац почетне брзине нормалан на површину Земље, а по криволинијској путањи ако правац почетне брзине тела није нормалан (вертикалан) на Земљину површину.

2. Куглица пада брже од листа хартије зато што на куглицу делује мања сила отпора ваздуха.

3. На падобранца са отвореним падобраном делују Земљина тежа и сила отпора ваздуха.

4. Графици зависности брзине тела од времена приказани су редом на сликама под а), б) и в).



5. Маса тела остаје непромењена, а тежина тела се „губи“ (нестаје).
6. Приликом вуче тешких предмета (сандука, блокова, греда) испод њих често се стављају греде у облику ваљка облице да би се сила трења клизања „превела“ на силу трења котрљања (која је знатно мања).

7. Брзина кишних капи које доспевају до нас је много мања од брзине које би те капи имале, ако не би постојала сила отпора ваздуха.

8. Подаци:  $v_0 = 0$ ,  $v = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $t = ?$   $h = ?$

$$v = gt, \text{ односно } t = \frac{v}{g} = 0,815 \text{ s.}$$

$$h = \frac{1}{2}gt^2 = 3,26 \text{ m.}$$

**9. Подаци:**  $h = 100 \text{ m}$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $t = ?$

Користећи формулу пута (висине) код слободног пада тела, имамо:

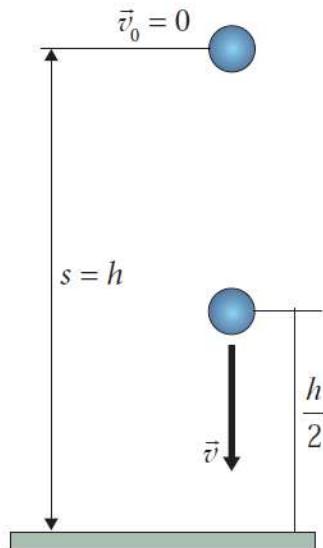
$$h = \frac{1}{2} g t_2^2 \quad \text{и} \quad \frac{h}{2} = \frac{1}{2} g t_1^2,$$

односно:  $t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$  и  $t_1 = \sqrt{\frac{h}{g}}$ .

Разлика ова два времена је време за које тело прелази другу половину пута (висине), тј.:

$$t = t_2 - t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}} - \sqrt{\frac{h}{g}},$$

$$t = 1,32 \text{ s.}$$



**10. Подаци:**  $v_0 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $t = 2 \text{ s}$ ;  $h = ?$

На основу формуле за брзину тела које се креће вертикално наниже са почетном брзином:

$$\begin{aligned} v &= v_0 + gt, \\ \text{налази се: } v &= 21,62 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \end{aligned}$$

$$\text{па је: } h = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 = 23,62 \text{ m.}$$

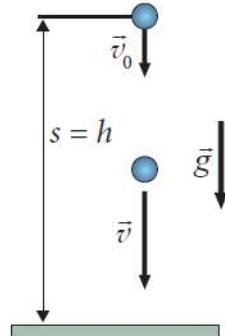
**11. Подаци:**  $v_0 = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $h_{\max} = ?$

Кликер достиже максималну висину у тренутку кад је његова брзина једнака нули:

$$v = v_0 - gt, \text{ односно } 0 = v_0 - gt,$$

$$\text{одакле је: } t = \frac{v_0}{g} = 1 \text{ s.}$$

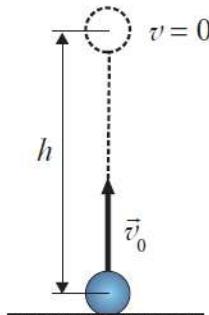
$$h_{\max} = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 = 4,905 \text{ m.}$$



**12. Подаци:**  $h = 200 \text{ m}$ ,  $v = 150 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $v_0 = ?$ ,  $h = ?$ ,  $t = ?$

а) Израз за крајњу брзину код вертикалног хица навише има облик:

$$v^2 = v_0^2 - 2gh, \text{ одакле је почетна брзина:}$$



$$v_0^2 = v^2 + 2gh, \text{ односно: } v_0 = \sqrt{v^2 + 2gh} = 163 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$6) h_{\max} = \frac{v_0^2}{2g} \approx 1354 \text{ m.}$$

в) У тренутку када тело достиже максималну висину, брзина тела је једнака нули:  $v = v_0 - gt$ , па је  $0 = v_0 - gt$  и  $t = \frac{v_0}{g}$  (време за које тело достиже максималну висину). Исто толико времена тело остави на путу при повратку на место одакле је оно избачено вертикално навише. Време за које тело достигне максималну висину и поново се врати на земљу је:

$$2t = \frac{2v_0}{g} = 33 \text{ s.}$$

13. а) 65 N, б) 65 N, в) 0 N

### 3. РАВНОТЕЖА ТЕЛА

1. Када на тело делују две силе, оно је у стању равнотеже под условом да је резултантта тих сила једнака нули. То је могуће, ако силе имају једнаке интензитете и исте правце, а супротне смерове.

2. Две силе имају максималну вредност резултанте, ако те силе имају исте правце и смерове, односно ако њихови правци деловања заклапају угао од  $0^\circ$ .

3. Када на тело делују две силе, њихова резултантта може имати вредности:

$$|F_1 - F_2| \leq R \leq (F_1 + F_2).$$

У конкретном случају се добија:

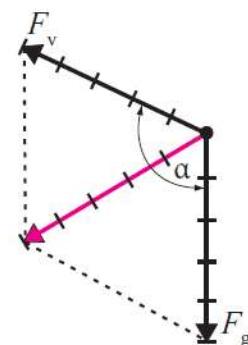
$$4 \text{ N} \leq R \leq 20 \text{ N.}$$

На основу тога је: а) да; б) да; в) не; г) да.

4. Подаци:  $F_v = F_g = 500 \text{ N}$ ,  $\alpha = 120^\circ$ ;  $R = ?$

Геометријском конструкцијом (слика) и рачунским путем се добија да је интензитет резултанте:

$$R = 500 \text{ N.}$$



5. После отварања падобрана брзина се смањује, а сила отпора ваздуха се повећава. Када се изједначе интензитети силе отпора ваздуха и Земљине теже (силе истог правца, а супротних смерова), падобранац пада сталном брзином и тако доспева на Земљину површину.

**6.** Да бисмо подигли неко тело (терет) помоћу полуге, на слободни крај полуге треба деловати одређеном силом. Вредност те сile се смањује са повећањем крака сile. За „подизање“ Земље помоћу полуге, њена тачка ослонца морала би бити далеко у космичком простору, што наравно, није могуће остварити.

**7. Под 6)**

**8.** Квака на вратима није учвршћена на средини врата или ближе шаркама јер би крак сile у односу на шарке био мањи па бисмо, у том случају, морали да употребимо знатно већу силу да бисмо отворили врата.

**9.** Полуга је у равнотежи јер је момент тежине тегова с једне стране једнак моменту тежине тегова с друге стране тачке ослонца полуге. Равнотежа полуге, може се остварити и при другим комбинацијама у распореду тегова. (Направити бар три такве комбинације).

**10. Подаци:**  $Q = 10 \text{ kN} = 10\,000 \text{ N}$ ,  $\mu = 0,02$ ;  $F_v = ?$

Итензитет силе вуче којом би требало деловати на санке да би се оне кретале равномерно праволинијски, једнак је интензитету силе трења (динамичка равнотежа):

$$F_v = F_t; F_v = \mu Q = 0,02 \cdot 10\,000 \text{ N}$$
$$F_v = 200 \text{ N}.$$

**11. Подаци:**  $m = 20 \text{ kg}$ ,  $F_v = 80 \text{ N}$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $\mu = ?$

Пошто се блок књига помера равномерно праволинијски, то је интензитет силе вуче којом дечак делује на књиге једнак интензитету силе трења:

$$F_v = F_t; F_t = 80 \text{ N}.$$

С друге стране, интензитет силе трења је:

$$F_t = \mu Q = \mu mg,$$

$$\text{па је: } \mu = \frac{F_t}{mg} = 0,4.$$

**12. Подаци:**  $Q_1 = 400 \text{ N}$ ,  $a = 3 \text{ m}$ ,  $Q_2 = 800 \text{ N}$ ;  $b = ?$

$$Q_1 a = Q_2 b;$$

$$b = \frac{Q_1 a}{Q_2} = \frac{4000 \text{ N} \cdot 3 \text{ m}}{800 \text{ N}} = 1,5 \text{ m}.$$

**13. Подаци:**  $m_1 = 70 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 60 \text{ kg}$ ,  $m_3 = 20 \text{ kg}$ ,  $a = b = 2 \text{ m}$ ;  $c = ?$

Растојања од тачке ослонца клацкалице до нападне тачке тежине: оца, мајке и сина означићемо са  $a$ ,  $b$  и  $c$ . Клацкалица ће бити у равнотежи под условом да је вредност момента тежине оца једнака збиру вредности момента тежине мајке и сина, тј.:

$$m_1 g \cdot a = m_2 g \cdot b + m_3 g \cdot c$$

односно,  $m_1a = m_2b + m_3c$   
 $70 \text{ kg} \cdot 2 \text{ m} = 60 \text{ kg} \cdot 2 \text{ m} + 20 \text{ kg} \cdot c,$   
одакле је:  $c = 1 \text{ m}.$

**14.** Сила потиска на дато тело се не мења без обзира на којој се дубини течности оно налазило.

**15. Подаци:**  $\rho_l = 0,92 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ,  $\rho_m = 1,03 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ,  
 $\rho_s = 1,01 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ;  $V_1 = ?$  и  $V_2 = ?$

Санта леда у морској води:

$$\rho_l V g = \rho_m V_2 g; \frac{V_2}{V_1} = \frac{\rho_l}{\rho_m} = \frac{0,92 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1,03 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,89$$

Дакле, 89 % ледене санте налази се испод, 11 % изнад површине воде.

Санта леда у слаткој води, аналогно:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\rho_l}{\rho_s} = \frac{0,92 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1,01 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,91$$

Испод површине воде је 91 %, а изнад површине је 9 % санте леда.

Сами одредите однос  $\frac{V_2}{V}$ . ( $V_2$  је запремина леда испод површине воде а  $V$  укупна запремина леда).

#### 4. МЕХАНИЧКИ РАД И ЕНЕРГИЈА. СНАГА

**1.** Рад сталне силе чији правац заклапа угао са правцем кретања тела једнак је производу интензитета активне компоненте силе и пута који тело прелази под њеним дејством:  $A = \underline{F} \cdot \underline{s}$ .

2. Под в).

3. Под а).

**4. Подаци:**  $m = 500\ 000 \text{ kg}$ ,  $\mu = 0,3$ ,  $s = 5 \text{ km}$ ;  $A_v = ?$   $A_t = ?$

Како се воз креће равномерно праволинијски по хоризонтално постављеним шинама, то је интензитет сile вуче локомотиве једнак интензитету сile трења (динамичка равнотежа):

$$F_v = F_t = \mu mg.$$

Рад силе вуче износи:  $A_v = F_v \cdot s = \mu mgs = 7,3575 \cdot 10^9 \text{ J} = 7357,5 \text{ MJ}$ .

Рад силе трења има исту вредност, али је супротног предзнака (сила вуче локомотиве и сила трења имају супротне смерове).

5. Подаци:  $m = 100 \text{ kg}$ ,  $v_0 = 180 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $a = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $F = ?$   $s = ?$   $A = ?$

а) Интензитет силе која је деловала на тело је:

$$F = ma = 200 \text{ N}$$

б) Време које протекне од почетка деловања силе на тело до његовог заустављања износи:

$$t = \frac{v_0}{a} = 25 \text{ s},$$

а пут који тело пређе за то време:

$$s = \frac{1}{2} at^2 = 625 \text{ m}$$

в) Како се тело кретало равномерно успорено, рад који изврши сила је негативан:

$$A = -F \cdot s = -125\,000 \text{ J} = -125 \text{ kJ.}$$

6. Подаци:  $m_1 = 15 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 72 \text{ kg}$ ,  $a = 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $s = 10 \text{ m}$ ;  $A = ?$

Интензитет силе којом се гурају колица је:

$$F = (m_1 + m_2) \cdot a, \text{ а одговарајући рад:}$$

$$A = F \cdot s = (m_1 + m_2) a \cdot s = 522 \text{ J.}$$

7. Подаци:  $v_0 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $v = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $m = 10 \text{ kg}$ ;  $A = ?$

Рад који је потребно извршити једнак је промени кинетичке енергије колица:

$$A = \Delta E_k = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = 60 \text{ J.}$$

8. Подаци:  $m = 75 \text{ kg}$ ,  $H = 5\,000 \text{ m}$ ,  $h = 200 \text{ m}$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $E_{p1} = ?$   $E_{p2} = ?$

а) гравитациона потенцијална енергија алпинисте у односу на ниво мора:

$$E_p = mgH = 3,67875 \text{ MJ}$$

б) гравитациона потенцијална енергија алпинисте у односу на подножје планине износи:

$$E_{p2} = mg(H - h) = 3,53160 \text{ MJ.}$$

**9. Подаци:**  $v_0 = 0$ ,  $v = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ;  $h = ?$

На основу закона одржања механичке енергије:  $\frac{mv^2}{2} = mgh$ , добија се:

$$h = \frac{v^2}{2g} = 5,1 \text{ m.}$$

**10. Подаци:**  $h_z = 50 \text{ cm}$ ,  $g_z = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ,  $g_m = 1,64 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $h_m = ?$

Дечак у оба случају има исту кинетичку енергију. Стога је (на основу Закона одржања механичке енергије):

$$\frac{mv_0^2}{2} = mg_m h_m.$$

С друге стране је:  $\frac{mv_0^2}{2} = mg_z h_z$

На основу тога имамо:  $g_m h_m = g_z h_z$ , односно  $h_m = \frac{g_z}{g_m} \cdot h_z$   
 $h_m \approx 2,99 \text{ m.}$

**11. Подаци:**  $n = 1500$ ,  $t = 10 \text{ min}$ ,  $m = 75 \text{ kg}$ ,  $h = 20 \text{ cm}$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $P = ?$

Висинска разлика између подножја и врха небодера је:

$$H = n \cdot h, \text{ где је } n - \text{број степеника.}$$

Укупан рад који сила човекових мишића изврши при пењању на небодер је:

$$A = F \cdot s = Q \cdot H = n mgh,$$

$$P = \frac{A}{t} = \frac{n mgh}{t} = 367,875 \text{ W.}$$

**12. Подаци:**  $H = 3 \text{ m}$ ,  $h = 1 \text{ m}$ ,  $v_0 = 0$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $v = ?$

Укупна механичка енергија тела на висини  $H$  износи:

$$E_1 = mgH + \frac{1}{2} mv_0^2 = mgH \text{ (јер је } v_0 = 0).$$

У тренутку када је тело на висини  $h$  од подлоге укупна енергија је:

$$E_2 = mgh + \frac{1}{2} mv^2.$$

Како је  $E_1 = E_2$  (Закон одржања механичке енергије) имамо:

$$mgH = mgh + \frac{1}{2} mv^2, \text{ односно:}$$

$$v = \sqrt{2g(H-h)} \approx 6,26 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

**13. Подаци:**  $v = 108 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $\mu = 0,4$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $s = ?$

У тренутку искључења мотора аутомобил има кинетичку енергију  $E_k = \frac{1}{2} m v^2$ . Рад силе трења је  $A = F_t \cdot s = \mu m g s$ , па је:

$\mu m g s = \frac{1}{2} m v^2$ . Одавде се налази зауставни пут аутомобила:

$$s = \frac{v^2}{2\mu g} \approx 114,68 \text{ m.}$$

**14. Подаци:**  $m = 5\ 000 \text{ kg}$ ,  $v = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $s = 2\ 000 \text{ m}$ ,  $\mu = 0,3$ ;  $P = ?$   $A_v = ?$

Интензитет силе вуче мотора камиона једнак је интензитету силе трења:

$$F_v = F_t = \mu m g.$$

Мотор камиона развија снагу:

$$P = F_v \cdot v = \mu m g v = 294,3 \text{ kW.}$$

Рад силе вуче мотора је:  $A = F_v \cdot s = \mu m g s = 29,43 \text{ MJ.}$

**15. Подаци:**  $M = 4\ 200 \text{ kg}$ ,  $m = 1800 \text{ kg}$ ,  $v = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $P = ?$

Интензитет вучне силе лифта је:

$$F_v = (M + m) g = 58\ 860 \text{ N},$$

а снага лифта износи:  $P = F_v v = 235,44 \text{ kW.}$

## 5. ТОПЛОТНЕ ПОЈАВЕ

**1. Подаци:**  $t = -3^\circ\text{C}$ ;  $T [\text{K}] = ?$

Апсолутна температура леда је:

$$T = (273 - 3) \text{ K} = 270 \text{ K.}$$

**2. Количина топлоте зависи од специфичног топлотног капацитета тела, његове масе и температурске разлике:**  $Q = c m \Delta t$ .

**3. Подаци:**  $m = 0,5 \text{ kg}$ ,  $P = 700 \text{ W}$ ,  $\tau = 3 \text{ min}$ ,  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ ,  $c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ ;  $t_2 = ?$

Количина топлоте коју вода прими од грејача износи:

$$Q = P \cdot \tau = 126 \text{ kJ.}$$

Како је  $Q = cm(t_2 - t_1)$ , то је  $t_2 = 80^\circ\text{C}$ .

**4. Подаци:**  $t_1 = 0^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 37^\circ\text{C}$ ,  $Q = 14,7 \text{ MJ}$ ,  $c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ ;  $m = ?$

Количина топлоте која се ослободи сагоревањем масноће „троши“ се на загревање воде:

$Q = cm(t_2 - t_1)$ , тј. маса ледене воде коју особа на дијети мора да попије је:

$$m = \frac{Q}{c(t_2 - t_1)} = 94,6 \text{ kg} = 94,6 \text{ l.}$$

**5. Подаци:**  $V = 2 \text{ l}$ ,  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 100^\circ\text{C}$ ,  $\tau = 7 \text{ min}$ ,  $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ,  $c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ ;  
 $Q = ?$   $P = ?$

a) Количина топлоте коју вода прими при загревању је:

$$Q = cm(t_2 - t_1) = c\rho V(t_2 - t_1) = 672 \text{ kJ.}$$

б) Снага електричног грејача у чајнику, ако су топлотни губици занемарљиви, јесте:

$$P = \frac{Q}{t} = 1,6 \text{ kW.}$$

**6. Подаци:**  $m_c = 0,12 \text{ kg}$ ,  $m_v = 0,5 \text{ l}$ ,  $t_c = 9^\circ\text{C}$ ,  $t_v = 100^\circ\text{C}$ ,  $t = 96^\circ\text{C}$ ,

$$\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, c_v = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}; c_s = ?$$

Количина топлоте коју отпушти вода једнак је количини топлоте коју прими чаша:

$$\text{односно: } c_v m_v (t_v - t) = c_s m_c (t - t_c)$$

$$\text{Одавде је: } c_s = \frac{c_v m_v (t_v - t)}{m_c (t - t_c)} = \frac{c_v \rho V (t_v - t)}{m_c (t - t_c)}$$

$$c_s = \frac{4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10^{-3} \text{m}^3 \cdot 4\text{K}}{0,12\text{kg} \cdot 87\text{K}} \approx 805 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}.$$

**Напомена:** Уместо келвина K могао је да буде Целзијусов степен ( $^\circ\text{C}$ ).

**7. Подаци:**  $V = 1 \text{ l}$ ,  $t_1 = 100^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 10^\circ\text{C}$ ,  $t = 75^\circ\text{C}$ ,

$$c_1 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}, c_2 = 390 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}; m_2 = ?$$

Количина топлоте коју отпушти вода једнака је количини топлоте коју прими чајник:

$$Q_1 = Q_2; c_1 m_1 (t_1 - t) = c_1 \rho V (t_1 - t) = m_2 c_2 (t - t_2)$$

$$m_2 = \frac{c_1 \rho V (t_1 - t)}{c_2 (t - t_2)} = \frac{4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10^{-3} \text{m}^3 \cdot 25\text{K}}{390 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 65\text{K}} = 4,14 \text{ kg.}$$

**8. Подаци:**  $m_1 = 0,3 \text{ kg}$ ,  $t_1 = 16^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 100^\circ\text{C}$ ,  $t = 20^\circ\text{C}$ ,  $c_1 = 5$ ;  $c_2$ ;  $m_2 = ?$   
Једначина топлотне равнотеже је:

$$Q_1 = Q_2; c_1 m_1 (t - t_1) = c_2 m_2 (t_2 - t), \text{ односно:}$$

$$5 c_2 m_1 (t - t_1) = c_2 m_2 (t_2 - t); m_2 = \frac{5m_1(t - t_1)}{t_2 - t}$$

$$m_2 = 0,075 \text{ kg}.$$

**9. Подаци:**  $h = 979 \text{ m}$ ,  $c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $\Delta t = ?$

На основу закона одржања енергије, потенцијална енергија воде на врху водопада, у подножју водопада прелази у њену кинетичку енергију:

$$E_k = E_p = mgh = Q, \text{ односно: } mgh = mc\Delta t,$$

$$\text{одакле се налази: } \Delta t = \frac{gh}{c} = 2,29 \text{ K} = 2,29^\circ\text{C}.$$

**10. Подаци:**  $P = 1,5 \text{ kW} = 1500 \text{ W}$ ,  $V = 1 \text{ l}$ ,  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 100^\circ\text{C}$ ,

$$c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}, \rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \tau = ?$$

Како је  $Q = P\tau$ , то је:  $cm(t_2 - t_1) = P\tau$ ,

$$\text{односно: } \tau = \frac{c\rho V(t_2 - t_1)}{P} = \frac{4200 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10^{-3} \text{m}^3 \cdot 80 \text{K}}{1500 \text{W}} = 224 \text{ s.}$$

**11. Подаци:**  $v_0 = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,  $m = 20 \text{ kg}$ ,  $M = 1000 \text{ kg}$ ,  $c = 450 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ ;  $\Delta t = ?$

Количина топлоте коју кочиони систем прими једнака је кинетичкој енергији аутомобила:

$$Q = E_k; mc\Delta t = \frac{Mv_0^2}{2}, \text{ па је: } \Delta t = \frac{Mv_0^2}{2mc} = 50^\circ\text{C}.$$

**12. Подаци:**  $m = 1 \text{ kg}$ ,  $h = 10 \text{ m}$ ,  $c = 128 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ ,  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ;  $\Delta t = ?$

$$Q = \frac{E_p}{2}, \text{ односно: } mc\Delta t = \frac{mgh}{2}$$

$$\Delta t = \frac{gh}{2c} = 0,38 \text{ K} = 0,38^\circ\text{C}.$$

13. Унутрашња енергија и количина топлоте (топлота) нису исто. Количина топлоте је део размењене унутрашње енергије између тела или делова тела различитих температура. Значи, количина топлоте и унутрашња енергија односе се као део и целина.



НАСТАВЉАМО У СЕПТЕМБРУ!

## *Две године са физиком*

Ево нас на крају VII разреда, друге године у којој изучавамо физику. Шта можемо да кажемо? Ваше знање из физике је знатно унапређено. Продубили сте своја сазнања о механичком кретању. Поред Првог Њутновог закона (Закон инерције) упознали сте још два Њутнова закона: Други Њутнов закон (Закон силе) и Трећи Њутнов закон (Закон акције и реакције). Стекли сте одређена сазнања о кретањима тела под утицајем Земљине теже. Посебно су вас занимале необичности које се јављају у бестежинском стању. Поред тога, што сте знали да разликујете масу и тежину, сада знате каква је разлика између Земљине теже и тежине тела. Знате и то да се сила трења и сила отпора средине не могу избећи у току кретања тела. Препуштена деловању ових сила тела се заустављају.

У оквиру поглавља Равнотежа тела упознали сте Архимедов закон и његову примену. Без познавања овог закона тешко би се могла замислiti конструкција пловних објеката, посебно бродова и подморница.

Рад, енергију и снагу смо квалитативно и квантитативно дефинисали. Истакли смо, да Закон одржања енергије чини основу у описивању и објашњавању не само појава (кретања) у физици него и свих процеса у природи.

Настава физике у VII разреду завршена је поглављем Топлотне појаве. Изучавање топлотних појава омогућило је многа техничка открића која су битно унапредила услове човековог живота. Помоћу топлотних мотора крећу се аутомобили, возови, бродови, трактори, комбајни, авиони... Парне турбине омогућиле су доношење електричне струје без које се не може замислiti живот савременог човека.

После двогодишњег учења физике сигурно целовитије гледате на природу, свет око себе и свакодневне појаве. Знања из физике су не само занимљива него и врло корисна пошто имају велику употребну вредност. Није довољно да само користимо разне техничке апарате и уређаје, него је неопходно и да знамо на којим принципима раде. Погрешно је мислiti да физичке појаве треба да познају само људи који се професионално баве физиком. Физика је потребна сваком.

Летњи распуст који је пред вама, користите пре свега за одмор, али треба да размишљати и о ономе што сте учили. Постављајте себи питања зашто и како, јер свако знање почиње са питањем. Путања коју превали лопта од руку кошаркаша до кошаркашке табле може вас подстаки да проверите своја знања. Запамтите и прибележите питања на која нисте успели да одговорите и тражите од наставника кад почне школска година, да вам на њих одговори. Повремено, прелистајте уџбеник за VII разред, нарочито одељке *Систематизација и обнављање радива*. То ће вам помоћи да не заборавите оно што сте научили, што чини основу за даље изучавање физике.

*Пријатан одмор и срећно!*



# ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ



ПРИПРЕМИЛИ: АУТОРИ И АГЕНЦИЈА ЗА ЕНЕРГЕТСКУ ЕФИКАСНОСТ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ  
УЗ САГЛАСНОСТ ЗАВОДА ЗА УНАПРЕЂИВАЊЕ ОБРАЗОВАЊА И ВАСПИТАЊА СРБИЈЕ

Знамо шта је енергија, али још нисмо научили да је рационално користимо.  
За откриће нових извора енергије одговорни су стручњаци, а за рационалну употребу енергије сви потрошачи.

Закон одржавања енергије упознали смо на примеру механичке енергије ( кинетичке енергије тела и гравитационе потенцијалне енергије ). Квалитативно и квантитативно смо га описали и доказали код вертикалног хица и слободног пада. Тада смо истакли да се Закон одржања енергијене не односи само на механичку енергију, него и на све облике енергије ( топлотну, електричну, хемијску, светлосну, биолошку и друге ). Дакле,

**Закон одржања енергије има универзално значење и његова дефиниција гласи:**

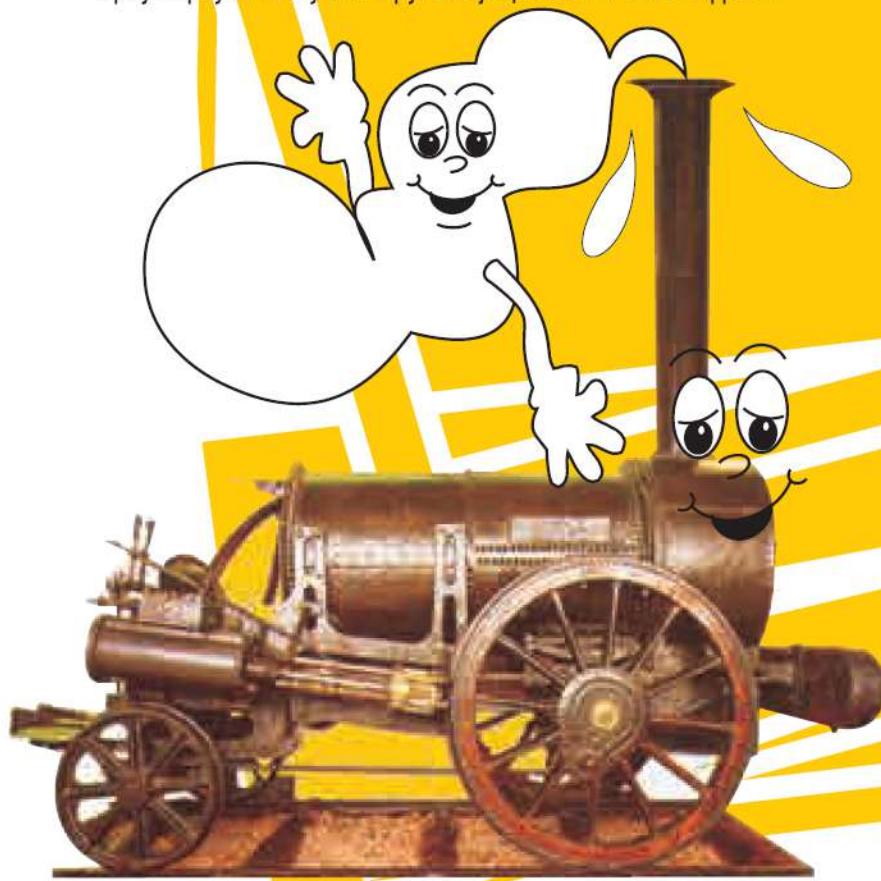
**Енергија не може да се уништи, ни да се створи ни из чега; она може само да прелази са једног на друго(а) тело(а) или да се трансформише из једног у друге облике.**

Закон одржања енергије је фундаментални закон природе. Користи се као основа и критеријум научне истине.

Теорија која није у сагласности са Законом одржања енергије не може имати научну верификацију. Пројекти разних машина, уређаја и техничких система ( постројења ) морају бити у складу са овим основним Законом природе.

Топлотне машине су уређаји за претварање топлотне енергије у механички рад. Најпознатије топлотне машине су парна машина, парна турбина и мотори са унутрашњим сагоревањем.

Прву парну машину конструисао је Џемс Ват 1779. године.



Сагоревањем угља загрева се вода и она прелази у пару. Ширење паре покреће покретне делове машине. То кретање се преноси на друге механизме којима се врши користан рад ( корисна енергија ).

Енергија уложена у рад неке машине увек је већа од добијене корисне енергије. То је зато што се уложена енергија у стварности никада не претвара потпуно у корисну енергију.

Увек се део претвара и у облике који се сматрају изгубљеном енергијом.



На пример, енергија сагоревања нафте или бензина у мотору аутомобила је уложена енергија. Део те енергије претвара се у енергију кретања ( кинетичку енергију ) возила ( корисна енергија ).

Други део те енергије троши се на савлађивање трења и отпора средине ( изгубљени, неискоришћени део енергије ).

# ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ

Да би се одредио степен техничке савршености машине, уређаја, апарату у остваривању процеса предаје енергије или њеног претварања из једног у други облик, уведен је **кофицијент корисног дејства**. Обично се обележава са  $\eta$  ( грчко слово ета ).

Према Закону одржања енергије уложена енергија једнака је збире корисне и изгубљене ( неискоришћене ) енергије, тј.

$$E_u = E_k + E_i$$

уложена      корисна      изгубљена

Кофицијент корисног дејства одређен је односом корисне и уложене енергије, односно корисне и уложене снаге:

$$\eta = \frac{E_k}{E_u} = \frac{P_k}{P_u}$$
, где је са  $P$  означена снага.

Видимо да је кофицијент корисног дејства неименован број и увек мањи од један.

Кофицијент корисног дејства парне машине је око 0,06 до 0,08 ( 6 - 8 % ), бензинског мотора око 0,28 ( 28 % ), дизел мотора 0,38 ( 38 % ), електромотора 0,94 ( 94 % ). Што је вредност кофицијента корисног дејства ближе јединици то је машина економичнија.

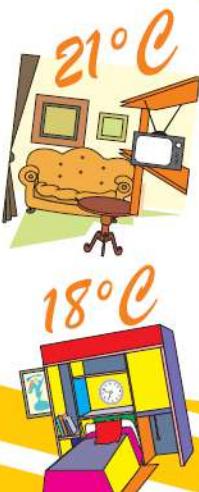
## ПРЕПОРУКЕ

- Приликом градње или реновирања стана ( куће ) поставите изолацију на спољашњим зидовима и на кровној површини ( поскупују градњу, али се брзо исплати ).
- Поставите термоизолационе траке на прозоре и врата, а простор између столарије и зида попуните пур - пеном.
- Прозоре и врата у дотрајалом стању замените. " Термопан " стакла и прозори са више комора су добри топлотни изолатори.
- Најповољније је даљинско грејање. Ако немате могућност за такав избор, па користите ТА пећи, пуните их само ноћу када је електрична енергија четири пута јефтинија.
- Ако имате сопствени котао, ставите пумпу којом можете да регулишете проток грејне супстанце и термостатске вентиле на радијаторима, тако да се може регулисати потрошња енергије.
- Редовно одржавајте грејне инсталације ( котао, димњак, радијатор ... ).



Оптималне прописане температуре у стану ( кући ) у зимским данима :

дневна соба	$21^{\circ}\text{C}$
спаваћа соба	$18^{\circ}\text{C}$
радна соба	$20^{\circ}\text{C}$



Сваки степен изнад прописане температуре око 6 % енергије више !

- Када стекнете право да возите аутомобил препоручујемо: прилагодите брзину условима саобраћаја; нагли старт и кочење као и велике брзине угрожавају безбедност и знатно увећавају потрошњу горива; на отвореном путу треба што дуже возити константном брзином ( уколико услови дозвољавају ). При сталној брзини аутомобил је у стању динамичке равнотеже, када је интензитет сile вуче једнак збире интензитета сile трења и сile отпора ваздуха ( минималан утрошак енергије, односно горива ); свака промена брзине било она позитивна ( убрзање ), или негативна ( успорење ), повећава потрошњу енергије.
- Правилном вожњом и редовним одржавањем аутомобила може се уштедети ( при истом пређеном путу ) више од 30 % горива.



# САДРЖАЈ

---

Уместо три – једна књига .....	3
Употреба тестова .....	3
Шта ћемо изучавати у 7. разреду? .....	5
Настављамо да упознајемо физику .....	6
Шта посебно издвајамо у физици за 6. разред? .....	7
 <b>СИЛА И КРЕТАЊЕ .....</b> 11	
Сила као узрок промене брзине. Убрзање .....	11
Сила као узрок промене брзине тела .....	11
Убрзање .....	12
Веза између силе, масе тела и убрзања .....	13
Други Њутнов закон .....	15
Мерење силе .....	16
Равномерно променљиво праволинијско кретање .....	16
Равномерно убрзано праволинијско кретање .....	17
Равномерно успорено праволинијско кретање .....	20
Средња вредност брзине .....	21
Тренутна брзина .....	22
Графичко представљање брзине и пута код равномерно праволинијског кретања .....	23
Графичко представљање зависности брзине тела од времена код равномерно променљивог праволинијског кретања .....	24
Међусобно деловање два тела – сile акције и сile реакције .....	26
Међусобно деловање два тела посредством физичког поља .....	27
Сile акције и реакције .....	27
Трећи Њутнов закон (Закон акције и реакције) .....	28
Систематизација и обнављање градива .....	29
Прва лабораторијска вежба .....	33
Друга лабораторијска вежба .....	36
Питања и задаци са одговорима и решењима .....	39
Тест знања .....	51
 <b>КРЕТАЊЕ ТЕЛА ПОД ДЕЈСТВОМ ЗЕМЉИНЕ ТЕЖЕ. СИЛА ТРЕЊА .....</b> 54	
Кретање тела под утицајем Земљине теже .....	55
Убрзање Земљине теже. Галилејев оглед .....	55
Слободно падање тела .....	57
Хитац навише и хитац наниже .....	58
Бестежинско стање .....	59
Сила трења и сила отпора средине .....	60
Од чега зависи сила трења клизања? .....	62

Како се објашњава трење? .....	62
Трење је и корисно и штетно .....	64
Сила отпора средине .....	64
Кретање тела под утицајем силе трења .....	65
Систематизација и обнављање градива .....	66
Трећа лабораторијска вежба .....	68
Четврта лабораторијска вежба .....	70
Питања и задаци са одговорима и решењима .....	72
Тест знања .....	76
 <b>РАВНОТЕЖА ТЕЛА .....</b>	 78
Слагање сила .....	79
Слагање сила које делују дуж истог правца .....	79
Слагање сила чији правци деловања заклапају угао .....	80
Разлагање сила .....	81
Равнотежа тела .....	82
Врсте равнотеже тела .....	82
Полуга. Момент силе .....	83
Равнотежа полуге .....	84
Сила потиска у течности и гасу .....	85
Архимедов закон и његова примена .....	86
Пливање и тоњење тела .....	88
Систематизација и обнављање градива .....	89
Пета лабораторијска вежба .....	91
Питања и задаци са одговорима и решењима .....	93
Тест знања .....	99
 <b>МЕХАНИЧКИ РАД И ЕНЕРГИЈА. СНАГА .....</b>	 102
Механички рад .....	102
Рад сталне силе која делује под углом у односу на правац кретања .....	103
Механичка енергија .....	105
Кинетичка енергија .....	105
Потенцијална енергија .....	107
Потенцијална енергија Земљине гравитационе силе .....	107
Веза механичке енергије и рада .....	108
Закон одржања механичке енергије .....	110
Снага .....	112
Коефицијент корисног дејства .....	113
Систематизација и обнављање градива .....	114
Шеста лабораторијска вежба .....	116
Седма лабораторијска вежба .....	119
Питања и задаци са одговорима и решењима .....	121
Тест знања .....	134

<b>ТОПЛОТНЕ ПОЈАВЕ</b>	137
Топлотно ширење и скупљање тела	137
Температура	139
Јединица температуре	139
Мерење температуре	140
Количина топлоте	141
Специфични топлотни капацитет	142
Топлотна равнотежа	143
Честична структура супстанце: молекули и њихово хаотично кретање	144
Топлотно кретање	145
Унутрашња енергија	146
Систематизација и обнављање градива	148
Осма лабораторијска вежба	150
Питања и задаци са одговорима и решењима	152
Тест знања	157
<b>РЕШЕЊЕ ТЕСТОВА</b>	159
Сила и кретање	159
Кретање тела под дејством Земљине теже. Сила трења	163
Равнотежа тела	165
Механички рад и енергија. Снага	167
Топлотне појаве	170
Две године са физиком	174

Др Милан О. Распоповић

**ФИЗИКА  
СА ЗБИРКОМ ЗАДАТАКА,  
ЛАБОРАТОРИЈСКИМ ВЕЖБАМА И ТЕСТОВИМА  
за 7. разред основне школе**

*Издавач*  
ЗАВОД ЗА УЏБЕНИКЕ, БЕОГРАД  
Обилићев венац 5  
[www.zavod.co.rs](http://www.zavod.co.rs)

*Ликовни уредник*  
Биљана Савић

*Графички уредник*  
Мирослав Радић

*Лекцијор и корекцијор*  
Чедо Недељковић

*Ликовно-графичко обликовање,  
илустрације, дизајн и корице*  
Тома Сарамандић

*Комјутерско-графичка обрада*  
Мирко Јековић

Обим: 22 ½ штампарска табака  
Формат: 20,5 × 26,5 cm

