

Бранислав Цветковић • Милан О. Распоповић
Јован П. Шетрајчић

ФИЗИКА

Збирка задатака са
лабораторијским вежбама
за 7. разред основне школе



ЗАВОД ЗА УЏБЕНИКЕ • БЕОГРАД

Рецензенти

Проф. др Божидар Вујичић, професор на ПМФ-у у Новом Саду
Бранислав Јовановић, просветни саветник у Министарству просвете
Републике Србије
Др Гордана Хајдуковић-Јандрић, наставник у ОШ „Мирољуб Антић“
у Футогу

Уредник

Татјана Бодић

Одговорни уредник

Слободанка Ружичић

Главни уредник

Др Милорад Марјановић

За издавача

Др Милорад Марјановић, директор

Министар просвете Републике Србије одобрио је овај уџбеник својим решењем број 650-02-00389/2019-07 од 17.01.2020. године за употребу у седмом разреду основне школе.

ISBN 978-86-17-20330-4

© ЗАВОД ЗА УЏБЕНИКЕ, Београд 2020

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

САДРЖАЈ

ПРЕДГОВОР	4
УПУТСТВО ЗА РЕШАВАЊЕ ЗАДАТАКА	5
Сила и кретање	7
Кретање под дејством силе теже и силе отпора	21
Равнотежа тела	33
Механички рад, енергија и снага	45
Топлотне појаве	57
РЕШЕЊА	
Сила и кретање	65
Кретање под дејством силе теже и силе отпора	75
Равнотежа тела	81
Механички рад, енергија и снага	86
Топлотне појаве	93
ЛАБОРАТОРИЈСКЕ ВЕЖБЕ	97
Вежба бр. 1 – Одређивање сталног убрзања	98
Вежба бр. 2 – Други Њутнов закон	101
Вежба бр. 3 – Одређивање убрзања слободног падања	104
Вежба бр. 4 – Одређивање коефицијента трења клизања	106
Вежба бр. 5 – Одређивање густине чврстих тела применом Архимедовог закона	108
Вежба бр. 6 – Одређивање рада силе под чијим дејством се тело креће по различитим подлогама	110
Вежба бр. 7 – Провера закона одржања механичке енергије	112
Вежба бр. 8 – Одређивање специфичне топлотне капацитивности.	115
Прилози	119
Литература	123

ПРЕДГОВОР

Настава физике садржи три основна дела:

- теоријску обраду градива,
- решавање задатака (квантитативних и квалитативних) у којима се знање из физике повезује и конкретизује до нивоа примене и
- огледе и експерименталне вежбе, у којима се знање потврђује (верификује).

Сва три елемента чине јединствену целину. Запостављање било којег од њих озбиљно нарушава квалитет наставе физике.

Основни циљ аутора ове збирке задатака са лабораторијским вежбама јесте да допринесу стварању складнијег односа теоријске интерпретације, израде задатака и експерименталног рада у настави физике.

Збирка задатака са лабораторијским вежбама написана је у складу са Наставним планом и програмом физике за 7. разред основне школе. Збирка је састављена из два дела. У првом делу су задаци са решењима (одговорима), а у другом делу су описане лабораторијске вежбе.

На почетку сваке тематске целине дат је уводни део са кратким прегледом основних појмова, величина и формула које се користе у решавању задатака. Након тога, постоји тест за проверу и оцену знања из области на коју се односе задаци. На основу тога теста ученик (наставник) оцењује ниво припремљености за решавање задатака. Потом следи група посебно одобраних (узорних), детаљно урађених задатака са одговарајућим коментаром. На крају су дати задаци за самостално вежбање и проверу знања. Ова група задатака решена је краћим путем или су дати само коначни резултати (одговори).

За све задатке – питања у књизи постоје решења или одговори, али ради посебног задовољства, подстицања мисаоне активности и стицања самоповерења, препоручујемо да ученици најпре сами дођу до решења, а затим га упореде са понуђеним одговорима.

Редослед задатака одговара степену сложености. Сложености задаци су означени звездицом.

Садржај задатака је тако одабран да ученицима указује на широку примену физичких појава и закона којима се оне покоравају, како у техници, тако и у свакодневном животу.

Експериментални рад и практична примена знања употребљени су лабораторијским вежбама, изведеним, углавном, помоћу једноставног прибора. За неке од вежби предложена су и алтернативна решења.

На крају збирке дате су табеле неких физичких величина и њихових јединица, које се могу користити при решавању задатака и реализацији лабораторијских вежби.

Аутори

УПУТСТВО ЗА РЕШАВАЊЕ ЗАДАТАКА

Стечено знање из сваке науке, а посебно физике, постаје наша својина тек онда када смо у стању да га применимо у конкретним случајевима у освајању новог сазнања или у практичне сврхе, у свакодневном животу.

Теоријско знање је само први корак ка правом знању. Потребна је његова конкретизација у решавању нових проблема и практична примена. Чисто теоријско знање је апстрактно, формално и пасивно. Да би оно постало конкретно, активно и применљиво треба га употребити рачунским задацима, експериментима и лабораторијским вежбама.

Решавање задатака је прилика да се теоријско знање понови, утврди, продуби и провери. Коришћењем појмова и формула физичких величина и закона приликом решавања задатака, повећава се и трајност знања.

Према садржају и начину решавања, задаци у физици могу да буду: **рачунски (квантитативни), задаци–питања (квалитативни задаци) и експериментални задаци.**

Ако се одговор на постављени проблем (питање) не може дати без одређених математичких (рачунских) операција, онда је реч о **рачунским (квантитативним) задацима.**

Задаци–питања су они чије решење не захтева рачунске операције. По правилу у садржају тих задатака не постоје бројни подаци.

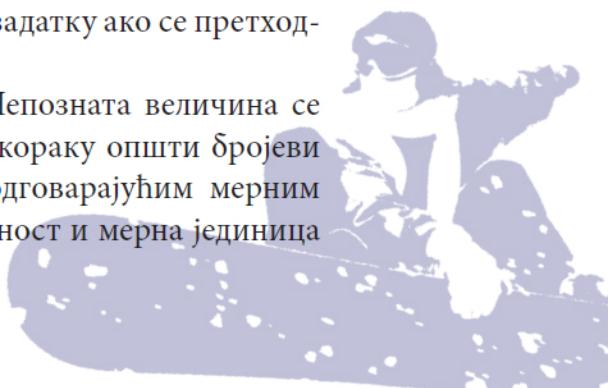
Сваки задатак је целина за себе, односи се на посебну појаву и услове у којима се она дешава. Стога не постоји општи модел (шаблон) којим би се могли решавати задаци, али постоје правила које је корисно примењивати у процесу решавања сваког задатка. Помоћу тих правила долази се до коначног решења (резултата) једноставније и краћим путем.

Први корак је пажљиво читање (и више пута) да би се схватила суштина и смисао задатка.

Након тога се бележе познати подаци и величине које треба да се израчунају. За означавање физичких величине користе се одговарајући симболи. Уобичајена ознака за дужину је l , површину S , запремину V , брзину v , време t , масу m , итд.

Некада је лакше уочити односе (везе) између величина у задатку ако се претходно припреми одговарајући цртеж.

По правилу, задатак се решава у општим бројевима. Непозната величина се изражава помоћу познатих, задатих величине. У следећем кораку општи бројеви се замењују бројним вредностима задатих величине са одговарајућим мерним јединицама. Из добијеног израза израчунава се бројна вредност и мерна јединица тражене величине.



Решавање задатка потребно је пратити кратким објашњењима, а резултат или одговор истаћи.

Треба знати да се могу сабирати или одузимати само вредности истородних величина и које су изражене у истим мерним јединицама. На пример, могу да се сабирају или одузимају две вредности дужине ако су обе изражене у метрима или обе изражене у центиметрима. Ако су те вредности изражене у различитим мерним јединицама, рецимо, једна у метрима а друга у центиметрима, онда треба усагласити те мерне јединице. Не могу се сабирати (одузимати) разнородне величине, на пример, дужина и површина, запремина и време, маса тела и његова брзина...

Коначан резултат може да се провери посредством одговарајућих мерних јединица и димензија. На пример, резултат је изражен у јединицама брзине $v \left[\frac{m}{s} \right]$, што и одговара условима (поставци) задатка. Ако се уместо тога добије резултат као неименован број или резултат изражен у другим мерним јединицама, то говори о неправилностима у поступку решавања задатка.

На крају следи дискусија добијеног резултата. Има ли тај резултат физичког (реалног) смисла? Како се тај резултат може уопштити, применити на сличне проблеме?



1. Сила и кретање

1.1. Сажетак

Средња вредност брзине у току праволинијског кретања тела од положаја 1 до положаја 2 је дата изразом:

$$v_s = \frac{\Delta s}{\Delta t},$$

при чему је $\Delta s = s_2 - s_1$ пређени пут за временски интервал $\Delta t = t_2 - t_1$.

Кретање по правој линији при којем тело у једнаким временским интервалима прелази једнаке путеве назива се *равномерно праволинијско кретање* (брзина тела је константна). Вредност брзине тела које се креће равномерно праволинијски одређује се количником пређеног пута (s) и протеклог времена (t):

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

Величина која представља промену брзине у јединици времена назива се убрзање, обележава се са a и дефинише се као промена брзине у јединици времена.

Јединица за убрзање је $1 \frac{m}{s^2}$.

Други Њутнов закон, или закон силе гласи:

$$F = m \cdot a,$$

где је m маса тела, a убрзање тела а F интензитет силе која делује на тело.

Јединица за силу је њутн (N):

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2}.$$

Кретање по правој линији при којем тело у једнаким временским интервалима има исте промене брзине назива се *равномерно променљиво праволинијско кретање*. Интензитет убрзања је сталан и може се израчунати на следећи начин:

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

Ако се брзина *шела* равномерно увећава у току времена, такво кретање је *равномерно (једнако) убрзано*, а ако се брзина равномерно смањује у току времена, онда је то *равномерно (једнако) усисорено кретање*.

Равномерно убрзано праволинијско кретање

Зависност интензитета брзине (v) од времена (t) је линеарна:

$$v = v_0 + at,$$

где је v_0 – почетна брзина, a – убрзаше тела, чија се вредност не мења у току времена, а t – време кретања тела.

Пређени пут (једначина пута) је:

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

Када се тело креће без почетне брзине ($v_0 = 0$), законитости за равномерно убрзано праволинијско кретање имају следећи облик:

$$v = at; \quad s = \frac{at^2}{2}.$$

Равномерно успорено праволинијско кретање

За равномерно успорено праволинијско кретање важи:

$$v = v_0 - at; \quad s = v_0 t - \frac{at^2}{2}.$$

Формуле за равномерно успорено праволинијско кретање добијају се из израза за равномерно убрзано праволинијско кретање заменом $a \rightarrow -a$.

Када се тело крећући се равномерно успорено заустави, брзина тела једнака је нули, па је укупно време кретања тела:

$$t = \frac{v_0}{a},$$

а зауставни пут:

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

Трећи Њутнов закон или закон акције и реакције гласи: *ако једно тело делује на друго тело силом (F_a), онда и друго тело делује на прво телом силом истог интензитета и правца, а супротној смера (F_r):*

$$F_a = F_r.$$

1.2 Тест знања

(Заокружи те слово исједрег тачној одговора)

1. Убрзање које тело стиче деловањем силе сразмерно је:

- а) интензитету силе;
- б) квадрату интензитета силе;
- в) реципрочној вредности интензитета силе.

2. Кретање тела чија се брзина мења у току времена назива се:

- а) равномерно кретање;
- б) променљиво кретање;
- в) криволинијско кретање;
- г) праволинијско кретање.

3. Убрзање је:

- а) промена брзине у јединици времена;
- б) пређени пут у јединици времена;
- в) време које протекне док тело пређе јединични пут.

4. Брзина је величина која је у потпуности одређена:

- а) правцем и смером;
- б) смером и интензитетом;
- в) правцем и интензитетом;
- г) правцем, смером и интензитетом.

5. За двоструко дуже време тело које се креће праволинијски равномерно убрзано без почетне брзине прелази:

- а) два пута дужи пут;
- б) четири пута дужи пут;
- в) 1,41 пута дужи пут.

6. Силе акције и реакције имају:

- а) једнаке интензитете и смерове, или различите правце;
- б) једнаке правце и смерове, или различите интензитете;
- в) једнаке правце, смерове и интензитете;
- г) једнаке правце и интензитете, или супротне смерове.

1.3. Примери

1. Радник гура сандук по глатком поду фабричке хале делујући на њега силом интензитета 40 N . Убрзање сандука је $a = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Одредите масу сандука.

Решење

Подаци: $F = 40 \text{ N}$; $a = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $m = ?$

Из другог Њутновог закона следи да је маса сандука једнака количнику интензитета силе која на њега делује и његовог убрзања:

$$m = \frac{F}{a} = \frac{40 \text{ N}}{0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}; \quad m = 80 \text{ kg}.$$

2. Када се устреми на жртву, кобра може достићи убрзање од $50 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Након колико времена од почетка кретања кобра постиже брзину $100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$?

Решење

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

Кобра се креће равномерно убрзано без почетне брзине, а време након кога кобра достиже тражену брзину износи:

$$t = \frac{v}{a} = \frac{100 \cdot \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}}}{50 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}; \quad t = 0,56 \text{ s}.$$

3. Хватајући инсекта камелеон може да испружи језик за 16 cm у току 100 ms . Одредите убрзање врха камелеоновог језика, претпостављајући да је оно константно. За колико времена камелеон ухвати инсекта ако је удаљеност инсекта од камелеона у тренутку када га је уочио била 8 cm ?



Решење

Подаци: $s_1 = 16 \text{ cm} = 0,16 \text{ m}$; $t_1 = 100 \text{ ms} = 0,1 \text{ s}$; $s_2 = 8 \text{ cm} = 0,08 \text{ m}$; $a = ?$; $t_2 = ?$

Врх камелеоновог језика креће се равномерно убрзано па је:

$$s_1 = \frac{at_1^2}{2}.$$

Одавде следи да је убрзање врха камелеоновог језика:

$$a = \frac{2s_1}{t_1^2}; \quad a = 32 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Из једначине:

$$s_2 = \frac{at_2^2}{2},$$

следи да је време за које камелеон ухвати инсекта:

$$t_2 = \sqrt{\frac{2s_2}{a}}; \quad t_2 = 0,071 \text{ s}.$$

4. Да би полетео, џамбо-џет мора дестићи брзину од $360 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Ако је дужина писте 2 km , одредите минимално убрзање које авион мора да има да би полетање било безбедно.



Решење

Подаци: $v = 360 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 100 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $s = 2 \text{ km} = 2000 \text{ m}$; $a = ?$

Минимално убрзање које омогућава безбедно полетање одређује се из услова да авион до полетања прелази пут једнак дужини писте. Како џамбо-џет креће из стања мировања $v_0 = 0$, веза између брзине на крају његовог кретања по писти и дужине писте је:

$$v^2 = 2as.$$

Минимално убрзање којим авион мора да се креће је:

$$a = \frac{v^2}{2s}; \quad a = 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

5. Дат је график зависности брзине бициклисте од времена. Одредите убрзање бициклисте, као и пут који бициклиста пређе током првих 6 s кретања.

Решење

Почетна брзина бициклисте је: $v_0 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

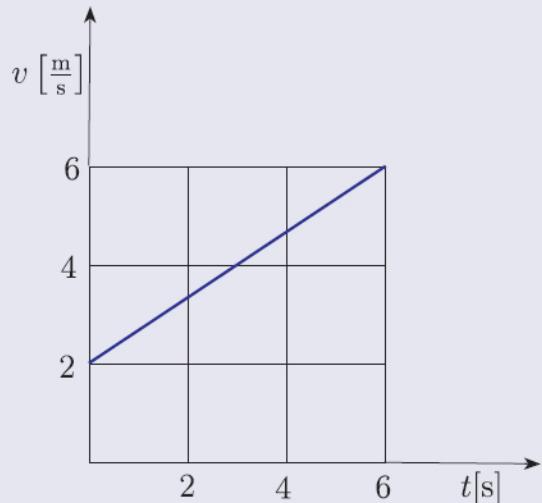
График зависности брзине бициклисте од времена је права линија. Брзина се повећава у току времена, па закључујемо да се бициклиста креће равномерно убрзано. У тренутку $t = 6 \text{ s}$, брзина бициклисте је: $v = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Убрзање бициклисте је:

$$a = \frac{v - v_0}{t}; \quad a = 0,67 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Пут који бициклиста пређе за првих 6 s кретања је:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}; \quad s = 24 \text{ m}.$$



6. Домаћица тура колица по глатком хоризонталном поду супермаркета, делујући на њих силом интензитета 12 N. Правац силе којом домаћица делује на колица паралелан је са подом. Маса колица је 12 kg, и она су почела да се крећу из мiroвања. Одредите време за које домаћица стигне до касе удаљене 8 m.

Решење

Подаци: $F = 12 \text{ N}$; $m = 12 \text{ kg}$; $s = 8 \text{ m}$; $t = ?$

Из другог Њутновог закона следи да је убрзање колица:

$$a = \frac{F}{m}; \quad a = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Како колица започињу кретање из стања мiroвања, то је:

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

Време за које ће домаћица стићи до касе је:

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}}; \quad t = 4 \text{ s}.$$

1.4. Задаци за самосталан рад

1. Путање (трајекторије) два тела се секу. Да ли можемо са сигурношћу тврдити да су се ова два тела сударила?
2. Какво је кретање тела чија је средња вредност брзине у сваком тренутку једнака тренутној брзини?
3. Да ли брзина тела може да се повећава ако се убрзање тела смањује?
4. Воз се креће дуж меридијана према Северном (географском) полу. Који правац и смер кретања и колику брзина има авион ако пилот на следећи начин описује кретање воза:
 - а) воз мирује,
 - б) воз се креће према Јужном полу.
5. Када се тело креће по инерцији? Која величина карактерише инертност тела?
6. Приликом кочења воза путници посрну унапред. На основу ког закона се то објашњава? Како он гласи?
7. У свом делу *Физика* старогрчки филозоф Аристотел у законитости кретања убраја и следећу: „Брзина кретања сразмерна је покретачкој сили.“ Прокоментаришите ову Аристотелову тврдњу.
8. Одредите интензитет сile којом дете делује на аутомобилчић масе $0,04 \text{ kg}$, ако се аутомобилчић креће праволинијски убрзањем од $0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.
9. Током убрзавања авиона масе $40\,000 \text{ kg}$ приликом полетања дуж праволинијске писте, његови мотори развијају сталну потисну силу интензитета 50 kN . Одредите убрзање авиона.
10. Трактор вуче приколицу силом интензитета 1 kN . Приколица се креће убрзањем $0,25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Одредите масу приколице.



11. Дуж залеђене стазе у градском парку дечак вуче санке на којима седи његова млађа сестра. Одредите масу дечакове сестре ако је интензитет силе којом дечак делује на санке 110 N . Маса санки је 7 kg и оне се крећу равномерно убрзано убрзањем $2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.



12. Воз полази из железничке станице и креће се равномерно убрзано. Одредите убрзање воза ако након 5 s од почетка кретања његова брзина износи $5,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.



13. Тркачки аутомобил креће се равномерно убрзано убрзањем од $7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Ако је кренуо из стања мировања, одредите колика је била његова брзина након 3 s од почетка кретања.



14. Аутомобил се креће равномерно убрзано убрзањем $3,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. У једном тренутку његова брзина је $9,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Колика ће бити брзина аутомобила након $2,5\text{ s}$ од тог тренутка? Одредите колика је била брзина аутомобила $2,5\text{ s}$ пре датог тренутка.

15. Дете се креће низ тобоган равномерно убрзано убрзањем $1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Колики пут дете пређе након 2 s од почетка кретања ако се на почетку кретања налазило у стању мировања?



16. Ракета полеће вертикално навише са лансиране рампе и креће се равномерно убрзано. Ако се ракета након 3 s од почетка кретања налазила на висини 90 m , одредите убрзање ракете и њену брзину у том тренутку. Почетна брзина ракете је једнака нули.

◆ 17. У тренутку када је аутомобил почeo да се крећe поред њега је прошао камион. Аутомобил је кренуо из стања мировања и креће се равномерно убрзано убрзањем $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, док се камион креће равномерно брзином $72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Одредите време након кога ће аутомобил сустићи камион.

18. Брзина скијаша који је стигао до падине износи $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Одредите колика је била брзина скијаша након 5 s од почетка ступања на падину ако се креће праволинијски равномерно убрзано убрзањем $0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.



19. Отправник возова стоји на перону железничке станице наспрам предњег kraja првог вагона воза. Дужина сваког вагона је 12 m. Ако воз полази из стања мировања, одредите време за које ће поред отправника проћи други вагон. Воз се креће равномерно убрзано убрзањем $1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

20. Девојчица вози бицикл низ стрму улицу. Колики пут је девојчица прешла за 20 s, ако је њена брзина у том тренутку $12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$? Девојчица се кретала праволинијски равномерно убрзано, а њена почетна брзина је била $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.



◆ 21. Теретни вагон ширине 2,4 m креће се равномерно брзином $15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Неопрезни ловац је промашио фазана и погодио вагон. Правац кретања метка био је нормалан на правац кретања вагона. Отвори на зидовима вагона кроз које је прошао метак померени су за 12 cm један у односу на други. Одредите средњу вредност брзине метка током његовог кретања између зидова вагона.

◆ 22. Воз се креће кроз рудник угља брзином $7,2 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Вагони од којих се воз састоји дуги су 12 m. Рудар на крају сваке секунде убацује по једну лопату угља у отворене вагоне.

a) Ако прва лопата угља падне на сам почетак вагона, колико лопата угља ће рудар успети да убаци у тај вагон?

б) Колико лопата угља ће рудар успети да убаци у вагон, ако у тренутку када прва лопата угља падне на почетак вагона воз почне да се креће из стања мировања сталним убрзањем $0,167 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$?

23. Аутобус се креће сталном брзином од $80 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ дуж правог и хоризонталног аутопута. На уласку у град возач је уочио саобраћајни знак на коме је писало да је ограничење брзине на тој деоници пута $60 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Одмах је почeo да кочи.



Аутобус се након почетка кочења кретао равномерно успорено успорењем од $1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Одредите време које протекне од почетка кочења до тренутка када ће брзина аутобуса бити у оквиру дозвољених вредности.

24. Ловочувар који шумским путем вози цип изненада је угледао јелена на растојању 20 m од свог возила. Одмах је притиснуо кочницу и цип је почeo да се крећe равномерно успорено успорењем $3,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Ако је почетна брзина ципа била $11,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, одредите време које протекне од тренутка када је ловочувар угледао јелена до заустављања ципа. Колико ће бити растојање јелена и ципа у тренутку заустављања возила ако се јелен није помакао с места?
25. Возач је након уочавања полицијског аутомобила смањио брзину са $89 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ на $46 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Током кочења аутомобил је прешао пут од 88 m. Ако претпоставимо да се аутомобил кретао равномерно успорено одредите средњу вредност брзине аутомобила, време које је протекло током кочења и успорење аутомобила.
- ◆ 26. Због пропуста приликом укрштања возова теретни и путнички воз се крећуједан другом у сусрет дуж истог правог колосека. У тренутку када је растојање између возова било 1050 m, машиновође су почеле да коче. Да ли ће судар бити избегнут, ако се возови након почетка кочења крећују равномерно успорено успорењем $1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$? Почетна брзина путничког воза је $144 \frac{\text{km}}{\text{h}}$, а теретног $72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.
27. Воз полази из мировања. Током прва три минута креће се равномерно убрзано убрзањем од $0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, затим одржава брзину константном у наредних десет минута, и коначно се зауставља у наредна три минута крећући се равномерно успорено. Колики пут пређе воз током кретања? Одредите средњу вредност брзине кретања воза.
- ◆ 28. Некада је туристичка атракција Суботице био трамвај до Палића, који је лети имао отворене вагоне. Један такав трамвај полази са станице и током осме и девете секунде кретања прелази укупно 32 m. Једнако убрзано кретање трамваја

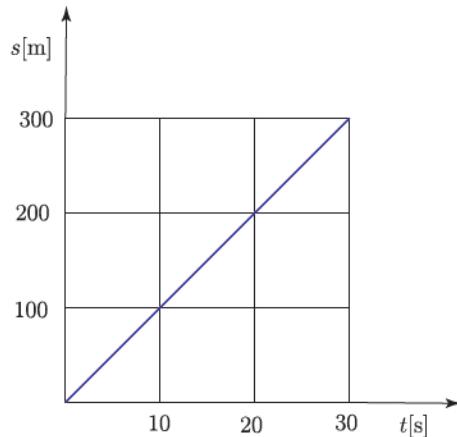


траје укупно 12 s, а затим због неопрезног бициклисте, који се нашао на шинама, трамвај почиње да кочи и креће се једнако успорено. Када кочећи пређе 18 m, брзина трамваја је двоструко мања од брзине коју је имао на почетку кочења и бициклиста успева да се склони. Одредите убрзање и успорење трамваја.

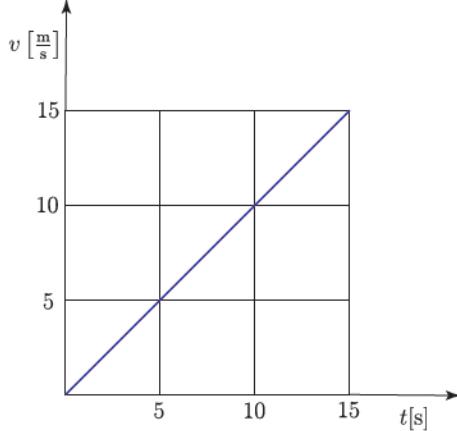
29. На основу података датих у табели нацртајте график зависности брзине космичког брода од времена.

t [min]	2	4	6	8	10	12	14
s [km]	240	960	2160	3480	6000	8400	12000

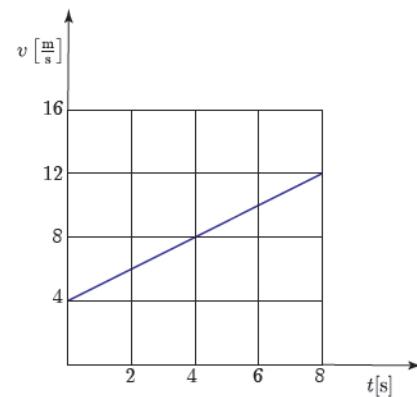
30. Дат је график зависности пређеног пута аутомобила од времена. Какво је кретање аутомобила? Одредите брзину аутомобила.



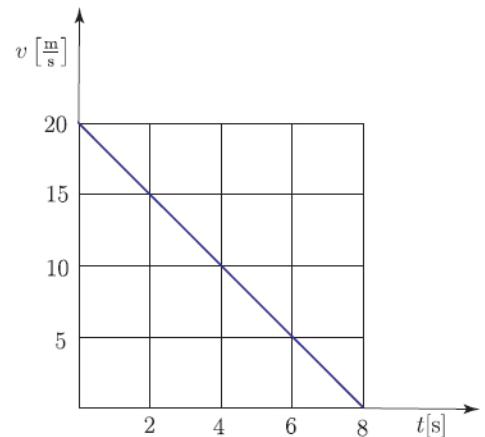
31. Дат је график зависности брзине мотоциклисте од времена. Одредите убрзање мотоциклисте, као и пут који он пређе током првих 5 s кретања.



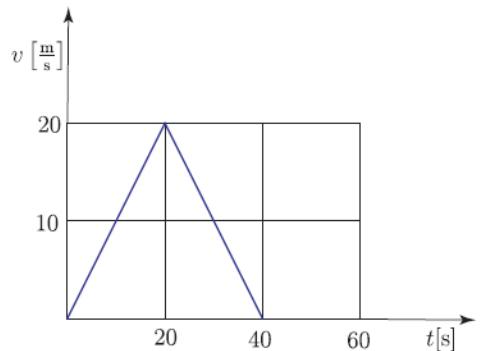
32. Дат је график зависности брзине аутомобила од времена. Одредите његову почетну брзину. Колико је убрзање аутомобила? Колики пут ће прећи за првих 6 s кретања?



33. Дат је график зависности брзине комбија од времена. Колика је почетна брзина овог возила? Одредите успорење комбија, као и пут који он пређе до заустављања.



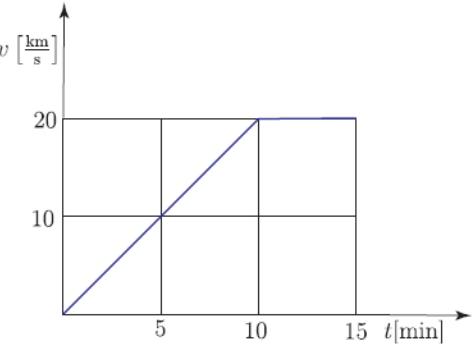
34. Дат је график зависности брзине јахача од времена. Колика је максимална брзина јахача током кретања? Колико је убрзање јахача током првих 20 s кретања? Колики пут пређе јахач за 40 s? Нацртајте график зависности убрзања јахача од времена.



35. На основу података датих у табели нацртајте график зависности брзине тела од времена. Како се креће тело?

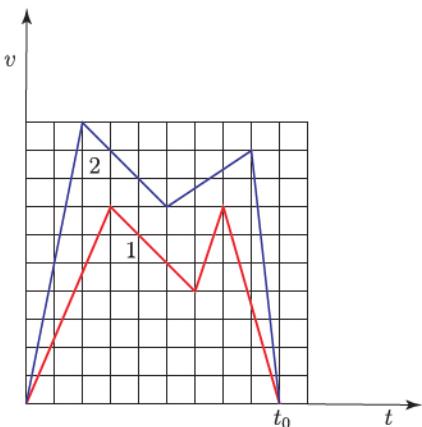
t [s]	0	1	2	3	4
v $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$	10	8	6	4	2

36. Дат је график зависности брзине космичког брода. Колики је пут прешао космички брод за 15 min?

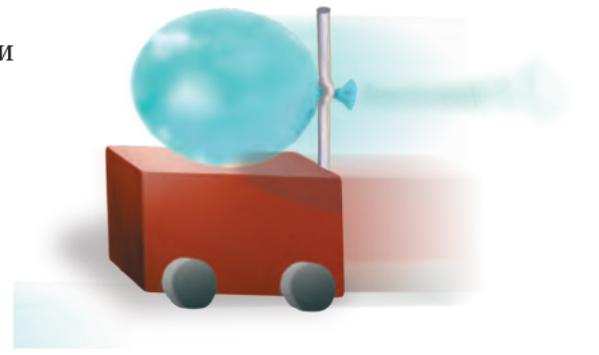


◆ 37. Дати су графици зависности брзине два тела од времена. Које тело је током времена t_0 имало већу средњу вредност брзине?

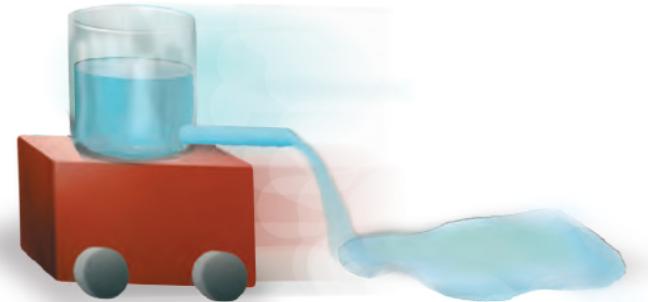
38. Шта би требало да урадимо са чамцем који се налази уз обалу, ако из њега треба ужетом да привучемо други чамац ка обали?



39. Шта ће се д догодити са колицима приказаним на слици када сабијени ваздух из балона почне да истиче?



40. Шта ће се д догодити, када вода почне да истиче из посуде на колицима приказаним на слици?



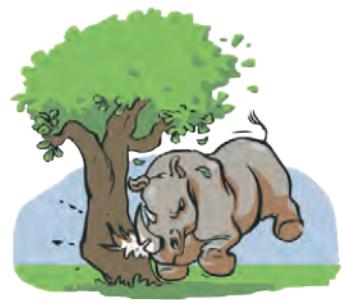
41. Астронаут који ради на одржавању свемирске станице уочио је да његов руksак на млазни погон (који му омогућава да се креће кроз космички простор) не функционише. Астронаут је понео са собом и торбу са алатом, чија маса је 300 kg, који не може да употреби за поправку млазног руksака. Да ли астронаут ипак може да се врати на свемирску станицу?

42. Санке на млазни погон намењене истраживањима на Северном полу достижу брзину од $160 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ за 1,8 s. Маса санки је 500 kg и крећу из стања мирувања. Одредите интензитет силе вуче која делује на санке.



◆ 43. Сандук масе 250 kg налази се на задњем делу камиона који се креће равномерно праволинијски брзином од $72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Возач почиње да кочи и након 10 s од почетка кочења брзина камиона износи $54 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Кретање камиона током кочења било је равномерно успорено. Одредите интензитет сile која је деловала на сандук ако није клизио по камиону.

44. Носорог масе 800 kg брзином $15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ удара у дрво покушавајући да га обори. Ако се носорог заустави после 1 s од удара, одредите силу којом је носорог деловао на дрво.



45. Граната масе 2 kg смештена је у топовску цев, чија површина попречног пресека износи 78 cm^2 . При испаљивању граната излеђе брзином $400 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Средња вредност притиска барутних гасова, који делује на гранату приликом њеног кретања кроз топовску цев је 1 MPa . Одредите време кретања гранате кроз топовску цев.

◆ 46. Веслајући у својим чамцима, две групе пеџароша сусреле су се на средини Обедске баре. После кратког разговора пеџарош из чамца чија укупна маса заједно са пеџарошима износи 150 kg , почeo је да други чамац гура силом интензитета 50 N у намери да раздвоји чамце. Ако је маса другог чамца заједно са пеџарошима који се налазе у њему 250 kg , одредите убрзања чамаца приликом раздвајања.

◆ 47. Девојчица масе 40 kg и санке масе $8,4 \text{ kg}$ налазе се на хоризонталној површини залеђеног језера. Помоћу конопца девојчица ка себи привлачи санке делујући на њих силом интензитета $5,2 \text{ N}$. Ако је на почетку кретања растојање између девојчице и санки било 15 m , одредите:

- а) убрзање девојчице;
- б) убрзање санки;
- в) време које протекне до њиховог сусрета.

2. Кретање под дејством сile теже и силе отпора

2.1. Сажетак

Између свака два тела делују гравитационе сile. Гравитационо деловање је увек привлачно.

Према Њутновом закону гравитације, сила узајамног привлачења два тела зависи од њихових маса и њиховог међусобног распојања. Тела већих маса се интензивније привлаче, а повећањем растојања опада интензитет гравитационе сile.

Сила којом тело услед деловања Земљине теже затеже конац о који је обешено или притиска непокретни ослонац на којем се налази назива се тежина тела.

Интензитет сile Земљине теже која делује на тело је

$$F_g = mg,$$

где је: m – маса тела, g – гравитационо убрзање (убрзање Земљине теже).

Убрзање Земљине теже различито је на различитим удаљенностима од центра Земље, али се то у обичним прорачунима занемарује. У рачунима за убрзање сile Земљине теже узимаћемо вредност: $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Врсте кретања тела под дејством сile Земљине теже

Слободан пад

- брзина: $v = gt;$
- пут (висина): $h = \frac{gt^2}{2};$
- брзина на крају пута: $v = \sqrt{2gh}.$

Вертикални хидраулични напон

- брзина: $v = v_0 - gt;$
- пут (висина): $h = v_0 t - \frac{gt^2}{2};$
- брзина на висини h : $v = \sqrt{v_0^2 - 2gh}.$



Вертикални хибац наниже:

- брзина: $v = v_0 + gt$;
- пут (висина): $h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$;
- брзина на висини h : $v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$.

Интензитет сile трења клизања која делује на тело одређен је формулом:

$$F_{\text{tr}} = \mu F_N,$$

где је: F_N – сила нормалној притиска једног тела на друго тело (подлогу), μ – коефицијент трења. Коефицијент трења је бездимензиона величина, чија вредност зависи од природе додирне површине, материјала (супстанције) од којих су направљена тела, обраћености додирних површина тела и њихове чистоће.

Сила отпора средине је сила којом се средина супротставља кретању тела кроз њу. Интензитет сile отпора је сразмеран интензитету брзине тела и зависи још и од величине и облика тела.

2.2. Тест знања

(Заокружите слово исједреја тачној одговора)

1. Када се растојање између два тела повећава интензитет гравитационе сile којом она интерагују се:
 - а) повећава;
 - б) смањује;
 - в) не мења.
2. Гравитационо деловање је увек привлачно.
 - а) да;
 - б) не.
3. Сила којом тело услед деловања Земљине теже притиска непокретни ослонац на којем се налази или затеже конац о који је обешено назива се:
 - а) Земљина тежа;
 - б) сила акције;
 - в) тежина тела;
 - г) сила реакције.

4. Колика је тежина тела које се налази у лифту који слободно пада?

_____.

5. У безвоздушном простору падају пауново перо и гвоздени тег. Заокружи слово испред тврђења које је тачно:

- а) удрзање тега је веће од удрзања пера;
- б) удрзања пера и тега су једнака;
- в) удрзање пера је једнако нули;
- г) и перо и тег се крећу константном брзином.

6. Да ли интензитет сile трења која делује између додирних површина тела и подлоге зависи од величине додирне површине клизећег тела?

- а) да;
- б) не.

7. Кишне капи падају на тло релативно малим брзинама, због тога што на њихово успоравање превасходно утиче:

- а) сила потиска;
- б) отпор ваздуха;
- в) Земљина тежа.

2.3. Примери

1. Туриста са врха Ајфелове куле испусти фотоапарат. Ако је висина Ајфелове куле 300 m, после колико времена фотоапарат падне на тло?



Решење

Подаци: $h = 300 \text{ m}$; $t = ?$

Како фотоапарат слободно пада, висина Ајфелове куле једнака је путу који фотоапарат пређе током падања. Дакле:

$$h = \frac{gt^2}{2}.$$

Време након кога фотоапарат падне на тло је:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}; \quad t = 7,82 \text{ s}.$$

2. Геолог који посматра ерупцију вулкана Етна на Сицилији уочио је да је вулканска бомба (грумен ужарене лаве који је вулкан избацио током ерупције), достигла највишу тачку своје путање 5 s након „испаљивања“. Колика је била почетна брзина вулканске бомбе ако се она кретала вертикално навише? Колика је била максимална висина коју је вулканска бомба достигла током свог кретања?

Решење

Подаци: $t = 5 \text{ s}$; $v_0 = ?$ $h_{\max} = ?$

У тренутку када је вулканска бомба достигла највишу тачку своје путање њена брзина је била једнака нули:

$$0 = v_0 - gt.$$

Дакле, почетна брзина вулканске бомбе била је:

$$v_0 = gt; \quad v_0 = 49,05 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Максимална висина коју је вулканска бомба достигла током свог кретања била је:

$$h_{\max} = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = \frac{gt^2}{2}; \quad h_{\max} = 122,62 \text{ m}.$$

3. Балерина масе 45 kg налази се у лифту. Одредите интензитет сile којом балери-на делује на под лифта ако се:

а) лифт креће равномерно праволинијски брзином $5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$;

б) лифт креће равномерно убрзано, убрзањем $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ усмереним навише.

Решење

Подаци: $m = 45 \text{ kg}$; $v = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $a = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$; $F_1 = ?$; $F_2 = ?$

- а) Када се лифт креће равномерно праволинијски, интензитет силе којом балерина делује на под лифта једнак је интензитету Земљине теже која делује на балерину:

$$F_1 = mg; F_1 = 441,45 \text{ N.}$$



- б) Када се лифт креће равномерно убрзано убрзањем усмереним навише, интензитет силе којом балерина делује на под лифта је:

$$F_2 - mg = ma; F_2 = m(g + a);$$

$$F_2 = 531,45 \text{ N.}$$

4. Коефицијент трења између јајета и дна тигања износи 0,04. Одредите најмањи интензитет силе којом би куварица требало да делује на јаје да би га покренула. Маса јајета је 0,05 kg.

Решење

Подаци: $\mu = 0,04$; $m = 0,05 \text{ kg}$; $F = ?$

Најмањи интензитет силе којом би куварица требало да делује на јаје да би га покренула једнак је интензитету силе трења, која делује између јајета и тигања:

$$F = \mu mg; F = 0,0196 \text{ N.}$$

2.4. Задаци за самосталан рад

1. Где би се зауставило тело када би упало у тунел који спаја две крајње тачке Земљиног пречника? Претпоставите да је тело започело кретање из мировања.
2. Када тела нису подупрта или обешена, где се секу правци по којима она падају ка Земљи?
3. На великим надморским висинама постижу се бољи резултати у скоку удаљ. Зашто?
4. Због чега убрзање тела које слободно пада не зависи од његове масе?
5. Ученици седмог разреда радили су контролну вежбу из физике. У задатку о маси и тежини неки ученици су написали:
 - а) маса и тежина су исте физичке величине изражене различитим јединицама;
 - б) тежина тела пропорционална је његовој маси;
 - в) маса тела зависи од његове „локалне“ тежине.Прокоментаришите ове одговоре.
6. Колика је твоја маса у килограмима? Колики је интензитет твоје тежине на Земљи?
7. Тежина јабуке је 2 N. Одредите масу јабуке.
8. Мајмун масе 10 kg виси на неистегљивом, вертикалном ужету закаченом за кров циркуса. Израчунајте интензитет силе затезања ужета.



9. Свемирски путник чија маса је 80 kg напушта Земљу. Колики је интензитет његове тежине на Земљи? Колика би била његова тежина на Марсу ако је утврђено да тело масе 1 kg на Марсу има тежину од 3,8 N?

10. Да ли можеш да измериш своју масу помоћу ваге чији је опсег мањи од твоје масе?

11. У бестежинском стању куглица је обешена о конац. Шта ће се десити са куглицом ако је (заједно са концем) изведеном из тог положаја?

12. Да ли ишчезава привлачна сила Земље на тело при преласку тела у бестежинско стање?

13. Радник који поправља лифт у високој згради испустио је француски кључ. Колика је била брзина француског кључа након 5 s од испуштања? Претпоставите да француски кључ слободно пада.

14. Брзина јабуке, која је пала с дрвета, непосредно пре удара о тло је $8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Колико времена је протекло од тренутка када се јабука откинула до тренутка када је додирнула тло? Претпоставите да јабука слободно пада.



◆ 15. Дечак је испустио камен у море са стене високе 100 m. Ако камен слободно пада, одредите време за које камен пређе другу половину пута до површи воде.

16. Кишне капи падају на тло из облака који се налази на висини 1 700 м. Када би капи слободно падале, колика би била њихова брзина непосредно пре пада на тло? Прокоментариши резултат.
17. Морски лавови воле да једу школјке, али немају довољно јаке зуде да сажвађу њихову љуштуру. Зато они испуштају школјке са велике висине, како би се оне отвориле. Један морски лав испустио је школјку са стене високе 12 м. Колика ће бити брзина школјке непосредно пре удара о каменито тло? Колика је средња вредност брзине школјке током кретања?
- ◆ 18. Сваког лета у Ужицу се одржава такмичење у скоковима са старог железничког моста у реку. Један од скакача одлучио је да скочи с врха моста високог 43,64 м, без почетне брзине. Колики пут ће скакач прећи у последњој секунди свог кретања?
- ◆ 19. Девојчица је случајно испустила саксију са крова зграде високе 45 м. Саксија је упала у камион, који је у тренутку пада саксије пролазио поред улаза у зграду. У тренутку када је девојчица испустила саксију камион је био на растојању 12 м од улаза у зграду. Одредите брзину камиона ако се он кретао равномерно праволинијски.



20. Играч бејзбола бацио је лоптицу вертикално навише. Почетна брзина лоптице била је $12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Колико времена је протекло од почетка кретања до тренутка када је лоптица била у највишој тачки своје путање?



21. Кошаркаш, који се наљутио због досуђеног фаула, бацио је лопту вертикално наниже почетном брзином $3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Лопта је ударила о под кошаркашког игралишта 0,25 s након што ју је кошаркаш бацио. Одредите колика је била брзина лопте непосредно пре удара о под игралишта.



22. Галилео Галилеј је бацио камен са врха косог торња у Пизи. Почетна брзина камена је $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Ако је камен дотакао тло након 3,1 s од почетка кретања, одредите висину косог торња у Пизи.
23. Да би „закуцао“ лопту у кош, кошаркаш мора да скочи најмање 80 cm увис. Ко-лика мора да буде минимална почетна брзина кошаркаша (усмерена вертикално навише) да би успео да постигне поене „закуцавањем“?
24. Године 1979. откривен је први активни вулкан који се не налази на нашој планети. Тада вулкан налази се на једном од Јупитерових сателита, на коме је гравита-ционо убрзање $1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Астрономи су уочили да максимална висина коју дости-же лава, избачена вертикално навише из тог вулкана износи 200 km. Одредите почетну брзину лаве.
- ◆ 25. На такмичењу авиомоделара победио је модел ракете који је током кретања достигао највећу висину. Током првих 6 s након испаљивања (заправо, до тре-нутка када је нестало гориво) тада модел се кретао вертикално навише убрзањем $4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Након нестанка горива модел ракете наставио је кретање по законима кретања који важе за вертикални хитац. Одредите максималну висину коју је модел достигао током кретања.
- ◆ 26. Падобранац је искочио из авиона и слободно падао током 3 s. У том тренутку отворио се падобран и падобранац је почeo да се крећe равномерно успоре-но успорењем $3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Ако је брзина падобранца непосредно пре него што је до-дирнуо подлогу била $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, одредите укупно време кретања и висину са које је падобранац искочио из авиона.



- ◆ 27. Са исте висине истовремено је бачено једно тело у хоризонталном правцу, а друго је испуштено да слободно пада. Које тело је пре доспело на хоризонталну подлогу?
- ◆ 28. Домаћица је у лифту заборавила главицу купуса масе 2 kg. Колики је интензитет силе којом купус делује на под лифта када се:
- лифт креће равномерно;
 - лифт креће вертикално навише убрзањем $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$;
 - лифт креће вертикално наниже убрзањем $3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.
29. Од чега зависи интензитет силе трења међу додирним површинама тела?
30. Од чега зависи коефицијент трења?
31. Аутомобилске гуме имају рељефне шаре. Због чега?
32. Зими се стављају ланци на точкове аутомобила. Зашто?
33. Путник вуче кофер по поду аеродромске зграде. Коефицијент трења између кофера и пода је 0,37. Одредите интензитет силе трења која делује на кофер, ако је маса кофера 35 kg.
34. Такмичар у уметничком клизању креће се по клизалишту хале „Пионир“. Интензитет силе трења која делује на такмичара је 160 N. Ако је маса клизача 80 kg, одредите коефицијент трења између клизальки и леда.



35. На поду спаваће собе налази се дрвени орман масе 45 kg. Колики је најмањи интензитет силе којом дечак мора гурнути орман да би га покренуо? Коефицијент трења између ормана и пода је 0,5.



36. Секретарица гура писаћи сто по поду канцеларије силом интензитета 250 N. Коефицијент трења између ногу писаћег стола и пода је 0,68. Ако се писаћи сто креће равномерно праволинијски и ако је правац сile којом секретарица делује на њега паралелан са подом, одредите масу стола.

◆ 37. Од воза који се креће равномерно праволинијски брзином $72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ откачи се по-следњи вагон. Одредите колико је успорење вагона, након његовог откачиња од воза? Колико ће времена проћи до заустављања вагона? Коефицијент трења између точкова вагона и шина је 0,3.

3. Равнотежа тела

3.1. Сажетак

Интензитет резултанте двеју колинеарних сила истог смера једнак је збире интензитета компонената:

$$F_R = F_1 + F_2.$$

Интензитет резултанте двеју сила истога правца, али супротних смерова једнак је њиховој разлици:

$$F_R = F_1 - F_2.$$

Потребан услов да би тело на које делују две или више сила било у равнотежи јесте да *резултантна је сила буде једнака нули*.

Нападна тачка силе теже назива се *тежиште тела* (Т).

У зависности од међусобног положаја тежишта и ослонца постоје три врсте равнотеже тела:

- ако се ослонац налази изнад тежишта, тело је у *стабилној равнотежи*;
- ако се ослонац налази испод тежишта, тело је у *лабилној равнотежи*;
- ако се ослонац и тежиште поклапају, тело је у *индиферентној равнотежи*.

Полуга је свако чврсто тело које може да се обрће око непокретног ослонца, а на које истовремено делују бар две силе, са тежњом да изазову супротна обртања око њеног ослонца.

Производ силе и њеног крака (нормалног растојања између правца силе и ослонца) назива се *момент сile* или *обртни момент*:

$$M = F \cdot a.$$

Полуга је у равнотежи када је момент сile једнак моменту терета:

$$F \cdot a = Q \cdot b,$$

где је: F – интензитет сile, Q – интензитет тежине терета, a – крак сile, b – крак терета.

Према Архимедовом закону на свако тело потопљено у течност или гас делује вертикално навише сила потиска чији интензитет је једнак тежини телом истиснуте течности:

$$F_p = \rho V g,$$

где је: ρ – густина течности, V – запремина потопљеног дела тела.

3.2 Тест знања

(Заокружите слово исједреј тачној одговора)

1. Тежиште тела је нападна тачка:
 - а) сile теже;
 - б) тежине тела;
 - в) сile трења.
2. Део механике у коме се изучава равнотежа тела (односно сила) у условима стања мировања назива се:
 - а) кинематика;
 - б) динамика;
 - в) статика.
3. У зависности од положаја тежишта и тачке ослонца тела које је обешено у једној тачки:
 - а) постоје две врсте равнотеже;
 - б) постоје три врсте равнотеже;
 - в) постоје четири врсте равнотеже.
4. Када се полуга налази у равнотежи, тада је:
 - а) тежина терета увек једнака интензитету сile;
 - б) крак терета увек једнак краку сile;
 - в) момент сile једнак моменту терета.
5. Ако је интензитет сile теже која делује на тело потопљено у течност већи од интензитета сile потиска:
 - а) тело тоне;
 - б) тело се креће навише и почиње да испливава;
 - в) тело се може налазити у равнотежи на било којој дубини.

3.3. Примери

1. У покушају да извуче младицу из Дрине риболовац вуче конац за пецање силом интензитета 200 N. Младица се опире силом интензитета 250 N. Колики је интензитет резултантне сile?

Решење

Подаци: $F_1 = 200 \text{ N}$; $F_2 = 250 \text{ N}$; $F_R = ?$

Сила којом риболовац делује на младицу и сила којом се младица опире су колинеарне и супротно усмерене. Интензитет резултантне сile је:

$$F_R = F_1 - F_2; \quad F_R = 50 \text{ N}.$$

2. Робот у фабрици аутомобила механичком руком држи каросерију тежине 1 kN. Ако је момент сile којом каросерија делује на зглоб механичке руке 1000 Nm, одредите дужину те механичке руке.



Решење

Подаци: $Q = 1 \text{ kN}$; $M = 1000 \text{ Nm}$; $a = ?$

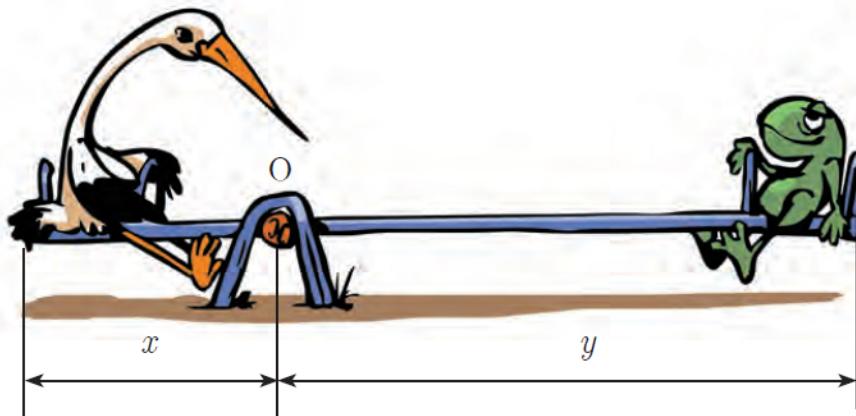
Момент сile којом каросерија делује на зглоб механичке руке једнак је производу тежине каросерије и дужине руке:

$$M = Qa.$$

Дужина механичке руке је:

$$a = \frac{M}{Q}; \quad a = 1 \text{ m}.$$

3. На једном крају клацкалице у зоолошком врту налази се рода масе 10 kg, а на другом крају налази се жаба масе 0,2 kg. Где би требало поставити ослонац да би клацкалица била у равнотежи? Дужина клацкалице је 10 m. Колики је у том случају интензитет силе која делује на ослонац?



Решење

Подаци: $m_1 = 10 \text{ kg}$; $m_2 = 0,2 \text{ kg}$; $l = 10 \text{ m}$; $x = ?$ $y = ?$ $F = ?$

Услов равнотеже момената сила који делују на ослонац клацкалице гласи:

$$M_1 = M_2; \quad m_1 gx = m_2 gy; \quad m_1 x = m_2 y; \quad y = \frac{m_1}{m_2} x.$$

Збир кракова сила једнак је дужини клацкалице:

$$x + y = l.$$

Даље је:

$$x + \frac{m_1}{m_2} x = l; \quad x = \frac{l}{1 + \frac{m_1}{m_2}}; \quad x = 0,2 \text{ m.}$$

$$y = l - x; \quad y = 9,8 \text{ m.}$$

Итензитет силе која делује на клацкалицу (тј. ослонац О) када се она налази у равнотежи је:

$$F = m_1 g + m_2 g; \quad F = 100,06 \text{ N.}$$

4. Одредите интензитет сile потиска која делује на бисерну школку запремине 20 cm^3 која се налази на дну мора. Густина морске воде је $1\,030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Решење

Подаци: $V = 20 \text{ cm}^3$; $\rho = 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$; $F_p = ?$

Према Архимедовом закону интензитет сile потиска која делује на школку је:

$$F_p = \rho V g; \quad F_p = 0,20 \text{ N.}$$

5. Купач масе 81 kg мирно лежи на површини Палићког језера. Запремина тела купача је $0,089 \text{ m}^3$. Одредите запремину дела тела купача која се налази изнад нивоа воде. Густина воде у Палићком језеру је $1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.



Решење

Подаци: $m = 81 \text{ kg}$; $V = 0,089 \text{ m}^3$; $\rho = 1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$; $V_2 = ?$

Интензитет сile потиска која делује на купача једнак је интензитету Земљине теже: $F_p = mg$. С друге стране је: $F_p = \rho V_1 g$, где је V_1 – запремина дела тела купача који се налази испод нивоа воде. Даље је:

$$\rho V_1 g = mg; \quad V_1 = \frac{m}{\rho}.$$

Запремина дела тела купача, која се налази изнад нивоа воде је:

$$V_2 = V - V_1 = V - \frac{m}{\rho}; \quad V_2 = 8 \text{ dm}^3.$$

3.4. Задаци за самосталан рад

1. Да би се покренуо камени блок потребно је на њега деловати силом интензитета 250 N . Један дечак може да делује највише силом интензитета 150 N . Коликим минималним интензитетом силе мора да делује други дечак да би помогао другу у покретању каменог блока?
2. Три астронаута који се налазе на Месецу гурају велики метеорит. Силе којима астронаути делују на метеорит су колинеарне и исто усмерене. Одредите интензитет резултантне силе која делује на метеорит, ако су интензитети силе којима астронаути делују на метеорит 150 N , 100 N и 250 N .
3. Две силе интензитета 10 N и 7 N делују на тело. Одредите правце и смерове ових сила тако да интензитет резултантне силе буде:
 - а) најмањи;
 - б) највећи.



4. У којој врсти равнотеже се налази тело приказано на слици?
5. Зашто квака на вратима није учвршћена на средини врата, или можда ближе шаркама?
6. Ако је резултанта сила која делује на тело једнака нули, да ли можемо тврдити да се тело налази у равнотежи?
7. Моменти сила, који потичу од двеју сила које делују на тело међусобно су једнаки. Да ли можемо тврдити да су интензитети сила једнаки?
8. Архимед је рекао: „Дајте ми ослонац и ја ћу подићи Земљу.“ Објасните ову мисао.



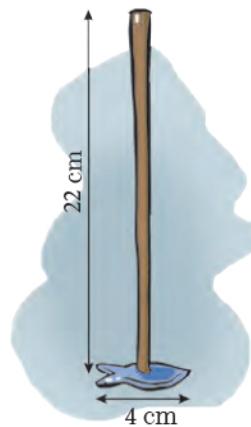
9. Да би одврнуо завртање радник делује на француски кључ силом интензитета 9 N , као на слици. Одредите момент сile који делује на завртање.



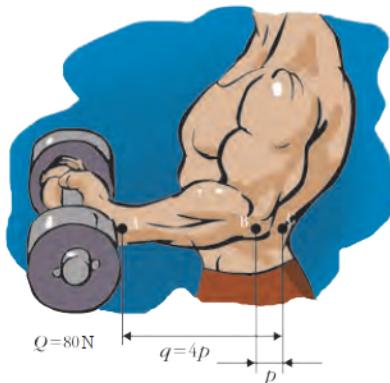
10. Бициклиста делује на точак бицикла као што је приказано на слици. Ако је момент сile који делује на точак 7 Nm , одредите интензитет сile којом бициклиста делује на точак. Полупречник точка је 80 cm .



11. Алатка приказана на слици користи се за чупање корена. Да би се ишчупао маслачак потребно је на њега деловати силом интензитета 25 N . Колики је интензитет сile којом баштован мора деловати на алатку да би из земље покренуо маслачак са кореном?



12. На основу података датих на слици одредите колики интензитет силе мора да развије мишић руке да би у зглобу одржао равнотежу терету тежине $Q = 100 \text{ N}$. Тачка С је тачка ослонца, а тачка А је нападна тачка тежине терета, док тачка В представља нападну тачку силе мишића.



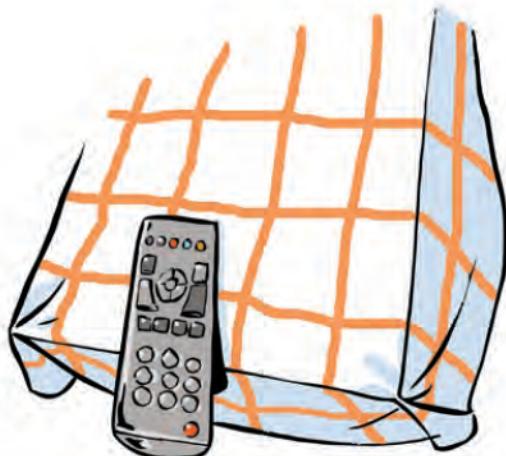
13. Дечак тежине 200 N и његов тата тежине 800 N налазе се на клацкалици у равнотежи. Ако је растојање од тачке ослонца клацкалице до тате $1,5 \text{ m}$, одредите растојање од тачке ослонца клацкалице до дечака.



14. На слици је приказана жена која подиже колица са песком, масе 50 kg . Коликом силом она мора деловати на колица да би подигла овај терет? Хоризонтално растојање од тешишта колица до тачке ослонца, износи $b = 0,6 \text{ m}$, а растојање између тачке у којој жена делује на колица и тешишта, је $a = 1 \text{ m}$.



- ◆ 15. Даљински управљач масе $0,11 \text{ kg}$ и дужине 21 cm налази се на хоризонталном столу. Део управљача дужине L , „виси“ са краја стола. Да би се укључио телевизор на дугме које се налази у близини краја управљача који виси са стола мора да се делује силом интензитета $0,365 \text{ N}$ у вертикалном правцу. Одредите максималну вредност L , при којој се управљач неће преврнути и пасти са стола приликом укључивања телевизора.



- ◆ 16. Дете масе 20 kg седи на лакој, хоризонталној дасци, коју на крајевима држе његови родитељи. Одредите интензитете сила којима родитељи делују на даску ако се дете налази:

- на средини даске;
- на растојању $\frac{L}{4}$ од оца, где је L дужина даске.



- ◆ 17. Хомогени штап дужине 100 cm виси о концу који је везан за његов центар. Тег масе 1 kg обешен је на растојању 10 cm од левог краја штапа, док тег масе 2 kg виси на растојању 20 cm од тачке вешања првог терета. Где би требало обесити тег масе 4 kg, да би штап био у равнотежи?
18. На нитима окаченим за тасове теразија висе два кликера – један од стакла, а други од месинга. Теразије су у равнотежи. Да ли ће теразије бити у равнотежи ако кликере потопимо у воду ?
19. Зашто бродови, иако су направљени од челика, пливају по води?



20. Ако стаклену боцу напунимо водом и ставимо у суд са водом она ће потонути. Шта ће се десити ако исту боцу напуњену живом ставимо у суд са живом?
21. Коцкица леда плива у чаши с водом. Да ли ће се променити ниво воде у чаши ако се лед истопи?



22. На маслину потопљену у уље делује сила потиска интензитета $0,04 \text{ N}$. Густина уља је $800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Одредите интензитет силе потиска која делује на маслину потопљену у воду.

23. Сплав облика правоугаоника дуг је $4,2 \text{ m}$, а широк $6,5 \text{ m}$. Када коњ стане на сплав он урони још $2,5 \text{ cm}$ у воду. Колика је тежина коња? Густина воде је $1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.



24. Рониоци научне експедиције извадили су са дна мора сандук са благом. Док се налазио на дну мора његова тежина била је 750 N . Одредите интензитет силе потиска која је деловала на сандук док се налазио у мору, ако је његова тежина у ваздуху $1\,000 \text{ N}$.

25. Археолози су из Мораве извукли сидро запремине $3,5 \text{ dm}^3$. Утврђено је да је сидро припадало турском борбеној лађи из XV века. Колика је тежина сидра у ваздуху ако је његова тежина док је било у води 233 N ? Сматрајте да је густина моравске воде $1\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

26. Оловица за пецање запремине $8,2 \text{ cm}^3$ причвршћена је за струну и спуштена у језеро. Одредите интензитет силе затезања струне ако је густина олова $11\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

27. „Врх леденог брега“ је израз који се често користи у свакодневном говору, када желимо да опишемо нешто што је само делимично видљиво, а већим делом скривено. Један ледени брег плива северним Атлантиком.

Који део запремине леденог брега се налази изнад површине овог океана? Густина леда је $900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, а густина морске воде $1\,030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.



28. Запремина сферног балона испуњеног хелијумом је 5000 m^3 . Маса материјала – ужади и корпе, од кога је балон направљен износи 150 kg . Одредите највећу могућу масу терета који балон може да понесе. Густина хелијума је $0,16 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, а густина ваздуха $1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.



4. Механички рад, енергија и снага

4.1. Сажетак

Ако на тело делује стална сила у правцу и смеру кретања тела, она врши *механички рад*:

$$A = F \cdot s,$$

где је F интензитет силе, а s пређени пут. Рад се изражава у *џулима* (J):

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}.$$

Способност вршења рада назива се *енергија*.

Енергија коју тело има приликом кретања назива се *кинетичка енергија*. Кинетичка енергија једнака је половини производа масе и квадрата брзине:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}.$$

Јединица кинетичке енергије је *џул* (J)

Тело масе m које се налази на висини h изнад површи Земље има *потенцијалну енергију*:

$$E_p = mgh,$$

где је g – убрзање Земљине теже ($g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$).

Вредност потенцијалне енергије у неком положају зависи од избора *нултарој нивоа*. Потенцијална енергија се такође изражава у *џулима*.

Механичка енергија представља збир потенцијалне и кинетичке енергије тела:

$$E_M = E_p + E_k.$$

При механичком кретању тела укупна механичка енергија остаје стална:

$$E_M = \text{const.}$$

Рад силе при померању тела једнак је *разлици крајње и почетне енергије* тела.

$$A = \Delta E = E_2 - E_1.$$

Снага је једнака количнику рада и временског интервала у току којег је тај рад извршен:

$$P = \frac{A}{t}.$$

Уколико на тело делује сила сталног интензитета, снага се може одредити и као производ силе која делује на тело и средње вредности брзине тела:

$$P = F \cdot v_s.$$

Јединица снаге је $\text{ват} (\text{W})$: $1 \text{ W} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ s}}$.

Коефицијент корисног дејства је бездимензиона величина увек мања од 1 и једнак је количнику корисног и уложеног рада (снаге):

$$\eta = \frac{A_k}{A_u}.$$

4.2. Тест знања

(Заокружи те слово испред тачној одговора)

1. Енергија је:
 - а) брзина обављања рада;
 - б) способност обављања рада;
 - в) брзина деловања силе.
2. Енергија коју тела имају при кретању назива се:
 - а) кинетичка енергија;
 - б) потенцијална енергија;
 - в) механички рад.
3. Када тело слободно пада, његова гравитациона потенцијална енергија (рачуната у односу на ниво Земљине површине):
 - а) повећава се;
 - б) смањује се;
 - в) остаје непромењена.
4. Куглица се креће по хоризонталној равни. Какав рад при том кретању врши Земљина тежа?

а) врши позитиван рад;	б) врши негативан рад;
в) не врши рад;	г) рад се не може израчунати.

5. Када на тело које се креће по хоризонталној подлози делује само једна сила чији правац се поклапа са правцем кретања тела, али је смер силе супротан смеру кретања тела, тада се:

- а) кинетичка енергија тела повећава;
- б) кинетичка енергија тела смањује;
- в) кинетичка енергија тела не мења.

6. Јединица снаге је:

- а) ват;
- б) цул;
- в) љутн.

7. Коефицијент корисног дејства

- а) је увек једнак 1;
- б) је увек мањи од 1;
- в) може бити и мањи и већи од 1.

8. Закон одржања механичке енергије гласи:

4.3. Примери

1. Сељак гура балу сена по хоризонталном поду штале делујући на њу силом интензитета 80 N. Колики рад изврши сељак док бала сена пређе пут од 3 m? Правац силе којом сељак делује на сено паралелан је са подом.

Решење

Подаци: $F = 80 \text{ N}$; $s = 3 \text{ m}$; $A = ?$

Рад који изврши сељак је:

$$A = F \cdot s; A = 240 \text{ J}.$$

2. Дечак масе 30 kg вози тротинет.

Укупна кинетичка енергија дечака и тротинета је 437,5 J. Одредите брзину тротинета ако је његова маса 5 kg.



Решење

Подаци: $m_1 = 30 \text{ kg}$; $m_2 = 5 \text{ kg}$;

$$E_k = 437,5 \text{ J}; v = ?$$

Укупна кинетичка енергија дечака и тротинета је:

$$E_k = \frac{m_1 v^2}{2} + \frac{m_2 v^2}{2}; E_k = \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2}.$$

Брзина тротинета је:

$$v = \sqrt{\frac{2 E_k}{m_1 + m_2}}; v = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

3. Потенцијална енергија скијаша који се налази на врху стазе у односу на њено подножје износи 70 kJ. Одредите масу скијаша ако је висинска разлика од врха до подножја стазе 100 m.



Решење

Подаци: $E_p = 70 \text{ kJ}$; $h = 100 \text{ m}$; $m = ?$

Потенцијална енергија скијаша је:

$$E_p = mgh.$$

Из претходне формуле следи да је маса скијаша:

$$m = \frac{E_p}{g \cdot h}; m = 71,36 \text{ kg}.$$

4. Брзина космичког брода масе $2\,900 \text{ kg}$ се повећа са $8 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ на $11 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Одредите рад који при убрзавању изврше мотори космичког брода.

Решење

Подаци: $m = 2\,900 \text{ kg}$; $v_1 = 8 \frac{\text{km}}{\text{s}}$; $v_2 = 11 \frac{\text{km}}{\text{s}}$; $A = ?$

Рад који при убрзавању изврше мотори космичког брода једнак је промени његове кинетичке енергије. Дакле:

$$A = \Delta E_k = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}; \quad A = 8,265 \cdot 10^{10} \text{ J}.$$

5. Јаје је испало из гнезда које се налази на врху дрвета високог 3 m . Колика ће бити брзина јајета на висини 1 m од подлоге? Почетна брзина јајета једнака је нули.

Решење

Подаци: $H = 3 \text{ m}$; $h = 1 \text{ m}$; $v_0 = 0$; $v = ?$

Задатак решавамо коришћењем закона одржања механичке енергије. Обележимо масу јајета са m . Укупна механичка енергија јајета у тренутку када је испало из гнезда је:

$$E = mgH + \frac{mv_0^2}{2} = mgH. \quad (*)$$

У тренутку када се јаје нађе на висини h од површине Земље важи:

$$E = mgh + \frac{mv^2}{2}. \quad (**)$$

Изједначавањем десних страна једначина $(*)$ и $(**)$ добија се:

$$mgH = mgh + \frac{mv^2}{2}; \quad gH = gh + \frac{v^2}{2}.$$

Тражена брзина јајета је:

$$v = \sqrt{2g(H-h)}; \quad v = 6,26 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

6. Рекорд у брзини пењања степеницама постављен је када се човек за 11 min по-пео уз 1 600 степеника на врх у једном њујоршком небодеру. Маса човека је 70 kg и висина једног степеника 20 cm. Одредите снагу која је била потребна човеку да би извео овај подухват.



Решење

Подаци: $t = 11 \text{ min}$; $n = 1\,600$;
 $m = 70 \text{ kg}$; $h = 20 \text{ cm}$; $P = ?$

Укупна висинска разлика између подножја и врха небодера је: $H = nh$, па укупан рад који човек изврши при пењању износи:

$$A = mgH = mgnh.$$

Снага која је била потребна човеку је:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{mgnh}{t}; \quad P = 332,95 \text{ W}.$$

7. Терет масе 200 kg подигнут је на последњи спрат зграде високе 20 m. Одредите коефицијент корисног дејства дизалице ако је укупан рад уложен за подизање терета 49 kJ.

Решење

Подаци: $m = 200 \text{ kg}$; $h = 20 \text{ m}$; $A_u = 49 \text{ kJ}$; $\eta = ?$

Користан рад који изврши дизалица једнак је потенцијалној енергији терета на врху зграде: $A_k = mgh$. Коефицијент корисног дејства је онда:

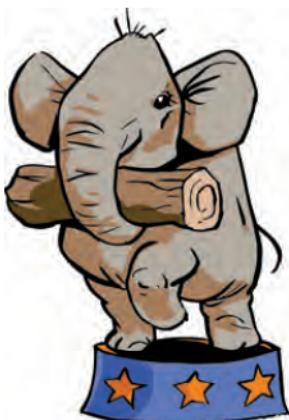
$$\eta = \frac{A_k}{A_u} = \frac{mgh}{A_u}; \quad \eta = 0,80.$$

4.4. Задаци за самосталан рад

1. Која сила врши рад док тело слободно пада?
2. Која сила врши рад када се кугла котрља по хоризонталном тлу све мањом брзином?
3. Човек у чамцу весла насупрот речној струји и мирује у односу на обалу. Да ли у том случају човек врши рад?
4. Сизиф гура камен делујући на њега силом интензитета 250 N у правцу кретања камена. Ако камен пређе пут од 100 m одредите рад који при том изврши Сизиф.
5. Коњ вуче кола по равном хоризонталном путу силом интензитета 400 N . Колики пут коњ мора да пређе да би извршио рад 800 kJ ? Правац сile којом коњ делује на кола паралелан је са подлогом.
6. Собарица вуче усисивач кроз ходник хотела делујући на усисивач силом константног интензитета. Правац сile паралелан је са подлогом. Одредите интензитет сile којом собарица делује на усисивач, ако на путу дужине 2 m она изврши рад 200 J .
7. Мења ли се кинетичка енергија тела ако се изменi смер његове брзине?
8. Како се мења кинетичка енергија тела када се његова брзина повећа два пута?
9. Да ли је кинетичка енергија 1 m^3 воде у планинској реци једнака кинетичкој енергији 1 m^3 воде у равничарској реци?
10. Атлетичар масе 45 kg креће се брзином $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Израчунати кинетичку енергију атлетичара.



11. Кинетичка енергија колица која се крећу брзином $4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ је 20 J . Одредите масу колица.
12. Отац и син трче у парку. Кинетичка енергија оца је два пута мања од кинетичке енергије сина. Ако је маса оца два пута већа од масе сина и син се креће брзином $8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, одредите брзину трчања оца.
13. Дрвена и гвоздена кугла једнаких пречника налазе се на истој висини изнад тла. Да ли су им једнаке гравитационе потенцијалне енергије?
14. Циркуски слон држи у својој сурли балван масе 100 kg на висини 2 m од пода. Израчунајте гравитациону потенцијалну енергију балвана у односу на циркуски под.



15. Алпиниста масе 80 kg пење се уз планину чија надморска висина износи 4000 m . Надморска висина подножја планине износи 1000 m . Израчунати гравитациону потенцијалну енергију алпинисте, који се налази на врху планине:
- у односу на ниво мора;
 - у односу на подножје планине.



16. Скакач масе 70 kg налази се на врху базенске скакаонице. Потенцијална енергија скакача у односу на ниво воде у базену је 7 kJ . Колика је висина базенске скакаонице у односу на ниво воде у базену?

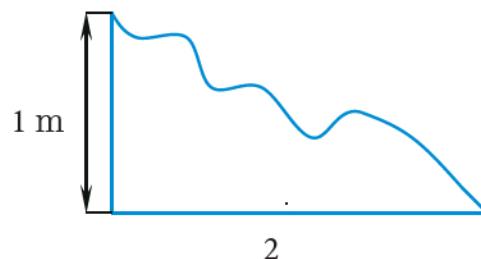
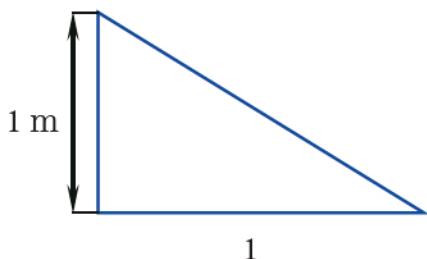


17. Мрав мора да подигне мрвицу хлеба на врх мравињака купастог облика као на слици. Упоредите рад који мрав изврши при спиралном пењању уз мравињак са радом који он изврши при праволинијском пењању на врх.
- 
18. Библиотекар подиже књиге са пода на полицу, чија висина износи 1,6 m. Колики рад изврши библиотекар приликом подизања књига? Маса књига је 4 kg.
19. Да би се кофер подигао са пода на плакар потребно је извршити рад 400 J. Ако је висина плакара у односу на под 2 m, одредите масу кофера.
- ◆ 20. Колики рад изврши дизач тегова, када са пода подигне тегове тежине 2 000 N на висину 2,2 m? Колики рад при подизању тегова изврши сила Земљине теже?
21. Човек је купио новине и подигао их је са тезге, чија висина (у односу на ниво хоризонталне улице) износи 60 cm. Ставио их је под мишку на висину од 160 cm (у односу на ниво улице). Човек је затим кренуо ка аутобуској станици удаљеној 50 m, где је стигао након 20 s. Колики је укупан рад (делујући на новине) човек извршио? Маса новина је 0,2 kg.
- 
- ◆ 22. Да ли сила теже делујући на тело које слободно пада врши једнак рад у једнаким временским интервалима?
23. Метак мase 0,01 kg излеће из ловачке пушке брзином $100 \frac{m}{s}$. Одредите рад који приликом кретања метка кроз пушчану цев изврши сила притиска дарутних гасова.
24. Колики рад је потребно извршити да би се брзина санки које се крећу по хоризонталној површи залеђеног језера повећала са $2 \frac{m}{s}$ на $4 \frac{m}{s}$? Маса санки је 10 kg.
25. Медицински техничар убрзањем од $0,6 \frac{m}{s^2}$ гура колица масе 15 kg на којима се налази болесник масе 72 kg. Колики рад он изврши док колица пређу пут 2,5 m? Занемарити трење.

- ◆ 26. Воз масе $300\ 000\ kg$ креће се равномерно дуж правих, хоризонтално постављених шина. Коефицијент трења између шина и точкова воза је $0,3$. Колики рад изврши сила вуче воза на путу од $2\ km$? Колики рад на истом путу изврши сила трења?
27. На крају дипломске прославе питомци војне академије бацају своје капе увис. Један питомац избацио је капу масе $0,2\ kg$ вертикално навише брзином $8\ \frac{m}{s}$. Одредите колика је била потенцијална енергија капе (у односу на ниво са кога је капа бачена) у тренутку када је достигла највећу висину.
- ◆ 28. Јабука се откида од гране и почиње да пада вертикално наниже (без почетне брзине). Ако је висина гране (у односу на тло) са које је јабука пала $2\ m$, одредите колика је била брзина јабуке непосредно пре њеног пада на тло.
29. Сврака, која стоји на врху дрвета испусти орах. Орах пада вертикално наниже без почетне брзине. Брзина ораха непосредно пре пада на тло је $10\ \frac{m}{s}$. Одредите висину дрвета на коме је стајала сврака у тренутку када је испустила орах.
30. Мачка је гурнула саксију са ограде терасе. Висина врха ограде терасе у односу на улицу је $10\ m$. Саксија пада вертикално наниже. Ако је почетна брзина саксије $8\ \frac{m}{s}$, одредите њену брзину непосредно пре него што падне на улицу.
- ◆ 31. Дечак који се налази на Земљи може да скочи највише $45\ cm$ вертикално увис. До које висине би могао да скочи овај исти дечак на Јупитеру, ако је гравитационо убрзање на Јупитеру $22\ \frac{m}{s^2}$?



- ◆ 32. На дечјем игралишту налазе се два тобогана чији су облици приказани на слици. Колика је брзина девојчице на дну тобогана 1, а колика на дну тобогана 2 ако се спушта без почетне брзине. Занемарити енергетске губитке који настају услед деловања силе трења.



- ◆ 33. Дечак се ролерима креће се низ стрму улицу. Колика је висинска разлика између врха и подножја стрме улице ако је брзина дечака на врху улице била $1 \frac{m}{s}$?
Брзина дечака у подножју износи $10 \frac{m}{s}$.
Занемарити губитке који настају услед деловања силе трења.



34. Аутомобил се креће равномерно праволинијски брзином $72 \frac{km}{h}$. У једном тренутку возач искључи мотор. Колики пут ће прећи аутомобил до заустављања ако је коефицијент трења између гума и асфалта 0,4?

35. Како се мења коефицијент корисног дејства машина при подмазивању?

36. Зашто је коефицијент корисног дејства увек мањи од 1?

37. Два радника подигну једнаке терете на исту висину. Први радник то уради за 1 min, а други за 40 s. Да ли ови радници изврше једнак рад и да ли употребе исту снагу?

38. Приликом вађења сандука са благом са дна мора сила мотора бродске дизалице изврши рад 100 kJ. Одредите снагу бродске дизалице, ако вађење сандука траје 2 min.

39. Колики рад изврши сила електромотора фена за 20 min? Снага електромотора је 50 W.
40. Вучна снага трактора износи 50 kW. Колики пут пређе трактор док сила вуче изврши рад 1 MJ? Трактор се креће равномерно праволинијски брзином $36 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.
41. Девојчица вади кофу са водом из дубоког бунара. Ако је маса кофе са водом 5 kg, одредите снагу коју девојчица мора да употреби да би се кофа кретала брзином $2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$? Занемарите масу ужета.
42. Маса астронаута са пуном опремом је 100 kg. Астронаут се налази на Месецу. Колика је снага потребна астронауту да би се за 10 s попео на брдо високо 10 m? Гравитационо убрзање на Месецу је $1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.
- ◆ 43. Процените снагу електромотора ски-лифта ако је капацитет ски-лифта 100 скијаша на сат. Просечна маса скијаша износи 70 kg, а висинска разлика између врха и подножја ски-лифта је 200 m.
- ◆ 44. Камион масе 5 000 kg креће се равномерно праволинијски брзином $72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Колику снагу развија мотор камиона? Колики рад изврши сила вуче на путу дужине 2 km? Коефицијент трења између камионских гума и пута износи 0,3.
45. Одредите коефицијент корисног дејства мотора ако је његова укупна снага 40 kW, а корисна снага 18 kW.
- ◆ 46. Да би се истопила коцкица леда потребно је употребити 32 000 J енергије. За колико времена ће се истопити коцкица леда ако је ставимо у микроталасну пећницу укупне снаге 105 W? Коефицијент корисног дејства је 0,8.



5. Топлотне појаве

5.1. Сажетак

Температура је физичка величина којом се карактерише стапајен зајрејаносћи тела.

Температура по Келвиновој скали израчунава се тако што се броју 273 дода температура мерена у Целзијусовој температурној скали:

$$T = \left(273 + \frac{t}{^{\circ}\text{C}} \right) \text{K}.$$

Температура се одређује на основу мерења других физичких величина чије вредности зависе од температуре. Обично се користи мерење промене запремине тела при изменама температуре.

Количина топлоте је величина која одређује разменјену енергију између тела или делова тела. Топлота је облик преношења и размене (предаје) енергије међутима.

Количина топлоте коју тело прими (или отпусти) пропорционална је маси тела и промени температуре:

$$Q = mc(t_2 - t_1),$$

где је c – специфична топлотна капацитивност тела.

Топлотна равнотежа два тела (1 и 2) подразумева да је количина топлоте коју преда топлије тело једнака количини топлоте коју прими хладније тело:

$$Q_1 = Q_2; \quad m_1 c_1 (t_1 - t_m) = m_2 c_2 (t_m - t_2),$$

где је t_m ($t_1 > t_m > t_2$) – равнотежна температура тела.

Количина топлоте потребна за загревање (хлађење) једног килограма неке супстанције за један келвин (1 K) или један Целзијусов степен (1 °C) назива се специфична топлотна капацитивност.

Неуређено (хаотично) кретање молекула, атома и других микрочестица је топлотно крећање.

Унутрашња енергија тела, карактерише топлотно (унутрашње) крећање у самим телима.

5.2. Тест знања

(Заокружијте слово исједреј тачној одговора)

1. Ако се температура тела промени за $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, промена температуре изражена у келвинима је:
 - а) једнака 20 K ;
 - б) мања од 20 K ;
 - в) већа од 20 K ;
 - г) једнака 293 K .
 2. На чему се заснива физички принцип рада термометра са живом?
-

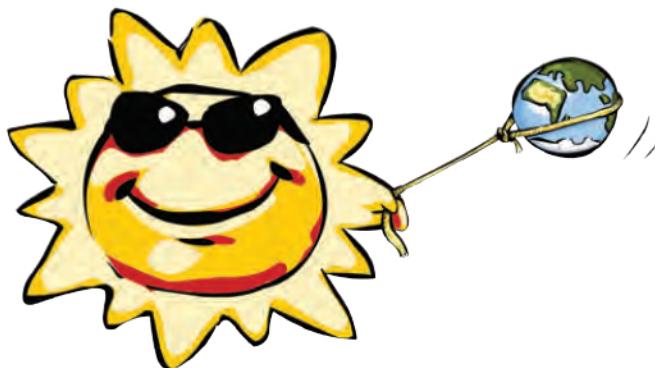
3. Количина топлоте коју тело прима при загревању или отпушта при хлађењу зависи:
 - а) од природе супстанције (специфичне топлотне капацитивности), масе и промене његове температуре;
 - б) само од масе и његове температуре;
 - в) само од промене његове температуре;
 - г) само од масе и специфичне топлотне капацитивности.

4. Како се назива најнижа температура. Колико она износи?
-

5. При непосредном додиру два тела различитих температура мења се унутрашња енергија оба тела. Размена унутрашње енергије се остварује:
 - а) док се не изједначе унутрашње енергије тела;
 - б) док се не изједначе температуре тела;
 - в) док температуре оба тела не постану једнаке нули;
 - г) док се не изједначе њихове гравитационе потенцијалне енергије.

5.3. Примери

1. Апсолутна температура на површини Сунца је 6000 К. Изразите ову температуру у Целзијусовој температурној скали.



Решење

Подаци: $T = 6000 \text{ K}$; $t = ?$

Температура на површини Сунца изражена у Целзијусовој температурној скали је:

$$t = \left(\frac{T}{K} - 273 \right) ^\circ \text{C}; \quad t = 5727 \text{ } ^\circ \text{C}.$$

2. Јабука масе 0,2 kg стављена је у хладњачу. Температура ваздуха у хладњачи је $2 \text{ } ^\circ \text{C}$. Колику количину топлоте отпусти јабука при хлађењу, ако је њена почетна температура била $15 \text{ } ^\circ \text{C}$. Сматрајте да је специфична топлотна капацитивност јабуке приближно једнака специфичној топлотној капацитивности воде,

тј. $4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$.

Решење

Подаци: $m = 0,2 \text{ kg}$; $t = 2 \text{ } ^\circ \text{C}$; $t_0 = 15 \text{ } ^\circ \text{C}$; $c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$; $Q = ?$

Количина топлоте коју отпусти јабука при хлађењу је:

$$Q = mc(t_0 - t); \quad Q = 10,92 \text{ kJ}.$$

3. Ковач је у буре са водом, чија температура је $23\text{ }^{\circ}\text{C}$, уђацио гвоздену потковицу масе $0,5\text{ kg}$. Ако је почетна температура потковице $450\text{ }^{\circ}\text{C}$, одредите колика је била температура система након успостављања равнотеже. Пре убаџивања потковице у бурету је било 25 kg воде. Специфична топлотна қапацитивност гвожђа је $448 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$, а воде $4\,200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$. Занемарити количину топлоте која се троши на загревање бурета.



Решење

Подаци: $m_1 = 0,5\text{ kg}$; $t_1 = 450\text{ }^{\circ}\text{C}$; $m_2 = 25\text{ kg}$; $t_2 = 23\text{ }^{\circ}\text{C}$;

$$c_1 = 448 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}; c_2 = 4\,200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}; t = ?$$

Количина топлоте коју потковица отпушти приликом хлађења, једнака је количини топлоте коју вода прими приликом загревања:

$$Q_1 = Q_2; \quad m_1 c_1 (t_1 - t) = m_2 c_2 (t - t_2).$$

Из претходне једначине топлотног баланса добијамо да је температура након успостављања равнотеже:

$$t = \frac{m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}; \quad t = 23,9\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

4. Висина Нијагариних водопада је приближно 50 м. Израчунајте за колико степени се повиси температура воде при паду, сматрајући да се сва кинетичка енергија воде „потроши“ на њено загревање.



Решење

Подаци: $h = 50 \text{ m}$; $c = 4\,200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$; $\Delta t = ?$

Кинетичка енергија воде у подножју Нијагариних водопада једнака је гравитационој потенцијалној енергији воде на врху водопада:

$$E_k = E_p = mgh.$$

Ако се сва кинетичка енергија воде „потроши“ на њено загревање тада је:

$$Q = E_k.$$

Дакле, температура воде се повиси за:

$$\Delta t = \frac{gh}{c}; \quad \Delta t = 0,12 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

5.4. Задаци за самосталан рад

1. Зашто нам се чини да је вода из дубоких бунара хладнија лети него зими?
2. Да ли се помоћу термометра са живом могу мерити зимске температуре у Сибиру?



3. Због чега су телефонске и електричне жице лети опуштене, а зими затегнуте?
4. Боце у којима се чувају разне течности не пуне се до врха. Зашто?
5. Да ли се при промени температуре тела мења његова густина?
6. Једног лепог пролећног дана температура ваздуха била је 24°C . Колика је апсолутна температура ваздуха?
7. Најнижа, икада забележена, температура ваздуха у нашој земљи била је -38°C . Колика је апсолутна температура тог ваздуха?
8. Апсолутна температура течног азота је 77 K . Изразите ову температуру у Целзијусовој температурној скали.
9. Једног летњег дана температура ваздуха је од јутра до послеподнева порасла за 25°C . Колика је промена апсолутне температуре тог ваздуха?
10. Зашто је у соби ваздух ближи таваници топлији, а ближи поду хладнији?
11. Приликом загревања стаклене кугле њена температура се повећа за 15°C . Ако је маса кугле $0,05\text{ kg}$, одредите количину топлоте коју је кугла примила. Специфична топлотна капацитивност стакла је $837 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$.

12. Загревањем је сребрна наруквица масе $0,1 \text{ kg}$ примила количину топлоте 20 J .

Ако је почетна температура наруквице била 20°C , одредите колика је била њена температура након загревања. Специфична топлотна капацитивност сребра је $129 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$.

13. Приликом загревања $0,8 \text{ kg}$ уља, течност је примила количину топлоте 4100 J .

Ако се температура уља повећала за 5°C , одредите специфичну топлотну капацитивност уља.

14. Снага грејача електричног чајника је $1,5 \text{ kW}$. У чајнику се налази 1ℓ воде, чија температура је 15°C . Колико времена чајник мора да буде укључен да би вода у њему почела да кључа? Специфична топлотна капацитивност воде је

$$4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}.$$



15. Вода температуре 32°C сипа се у алуминијумску конзерву температуре 15°C .

Ако је маса воде $0,55 \text{ kg}$ одредите колика је била температура након успостављања равнотеже. Маса конзерве је $0,21 \text{ kg}$. Специфична топлотна капацитивност воде је $4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$, а алуминијума $880 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$.

16. Оловне куглице масе $0,001 \text{ kg}$, чија температура је 75°C , стављају се у суд. У њему се налази $0,18 \text{ kg}$ воде, чија температура је 23°C . Колико куглица морамо убацити у воду, да би температура након успостављања равнотеже била 25°C ?

Специфична топлотна капацитивност воде је $4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$, а олова $128 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$.

- ◆ 17. Маса керамичке шољице за кафу је $0,11 \text{ kg}$. Почетна температура шољице је 24°C . Ако се у шољицу сипа $0,225 \text{ kg}$ кафе чија температура је $80,3^\circ\text{C}$, и $0,0122 \text{ kg}$ шлага чија температура је 5°C , колика ће бити температура након успостављања равнотеже? Специфичне топлотне капацитивности кафе и шлага су $4\,200 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$, док је специфична топлотна капацитивност керамике $1\,090 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$.
- ◆ 18. Возач аутомобила који се креће брзином $108 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ почeo је да кочи. Маса кочионог система је 20 kg , а специфична топлотна капацитивност материјала од кога су кочнице направљене износи $450 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$. За колико се повећа температура кочионог система ако предпоставимо да се целокупна кинетичка енергија аутомобила трансформише у унутрашњу енергију кочница? Маса аутомобила је $1\,000 \text{ kg}$.
- ◆ 19. Оловна кугла масе $0,1 \text{ kg}$ пала је на хоризонталну подлогу са висине 5 m . Одредите колика је промена температуре кугле приликом њеног пада на тло ако претпоставите да се целокупна механичка енергија кугле троши на њено загревање. Специфична топлотна капацитивност олова је $128 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$.
20. На који облик енергије се своди унутрашња енергија гасова?
21. Да ли се унутрашња енергија течности и чврстих тела може свести на кинетичку енергију честица које их сачињавају?
22. Да ли постоји разлика између унутрашње енергије и количине топлоте?
23. Ледени брегови који пливају у северном делу Атлантика представљају опасност за бродове. Због тога се пут који бродови прелазе током сезоне појављивања ледених брегова повећава и за 30% . Претпоставимо да је покушано уништавање леденог брега масе $20\,000 \text{ t}$ помоћу топлотног извора. Колико енергије је потребно уложити да би се отопило 10% леденог брега? Специфична топлота топљења леда је $330 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$.
24. Чайник снаге 2 kW остао је укључен још 2 min пошто је вода почела да кључа. Израчунајте масу воде која је испарила. Специфична топлота испаравања воде је $2,2 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$.

Решења

1. Сила и кретање

1.2. Тест знања

1. а); 2. δ); 3. а); 4. г); 5. δ); 6. г)

1.4. Задаци за самосталан рад

1. Не можемо тврдити да су се тела сударила, јер се она могу наћи у пресечној тачки трајекторија у различитим тренуцима.
2. Кретање тела чија је средња брзина у сваком тренутку једнака тренутној брзини је равномерно.
3. Да, брзина тела може да се повећава, иако се убрзање тела смањује.
4. а) Авион се кретао дуж меридијана према Северном полу брзином која је једнака брзини воза.
б) Авион се кретао дуж меридијана према Северном полу брзином која је већа од брзине воза.
5. Тело се креће по инерцији када на њега не делују силе, или је укупна сила која делује на тело једнака нули. Величина која карактерише инертност тела је маса.
6. Посртање путника унапред приликом кочења воза објашњава се на основу првог Њутновог закона, на основу кога тело остаје у стању мировања или равномерног праволинијског кретања све док на њега не делује сила.
7. Аристотелова тврђња није тачна. Интензитет сile која делује на тело сразмеран је убрзању, а не брзини тела.
8. $m = 0,04 \text{ kg}; a = 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; F = ?$

Интензитет сile којом дете делује на аутомобилчић добија се применом другог Њутновог закона:

$$F = ma; \quad F = 8 \text{ mN}.$$

$$9. m = 40\ 000 \text{ kg}; F = 50 \text{ kN}; a = ?$$

Убрзање авиона је:

$$a = \frac{F}{m}; \quad a = 1,25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

$$10. F = 1 \text{ kN}; \quad a = 0,25 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad m = ?$$

Из другог Њутновог закона следи да је маса приколице:

$$m = \frac{F}{a}; \quad m = 4\ 000 \text{ kg}.$$

$$11. F = 110 \text{ N}; \quad a = 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad m_1 = 7 \text{ kg}; \quad m_2 = ?$$

Из другог Њутновог закона следи:

$$m_1 + m_2 = \frac{F}{a}.$$

Маса дечакове сестре је:

$$m_2 = \frac{F}{a} - m_1; \quad m_2 = 37 \text{ kg}.$$

$$12. t = 5 \text{ s}; \quad v = 5,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad a = ?$$

Убрзање воза је:

$$a = \frac{v}{t}; \quad a = 1,1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

$$13. a = 7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad t = 3 \text{ s}; \quad v = ?$$

Брзина аутомобила је:

$$v = a \cdot t; \quad v = 21 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$14. a = 3,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad v_0 = 9,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad \Delta t = 2,5 \text{ s}; \quad v_1 = ? \quad v_2 = ?$$

Брзина аутомобила 2,5 s након датог тренутка је:

$$v_1 = v_0 + a \cdot \Delta t; \quad v_1 = 17,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Брзина аутомобила 2,5 s пре датог тренутка је:

$$v_2 = v_0 - a \cdot \Delta t; \quad v_2 = 1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$15. a = 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad t = 2 \text{ s}; \quad s = ?$$

Пут који дете пређе је:

$$s = \frac{at^2}{2}; \quad s = 3 \text{ m}.$$

$$16. t = 3 \text{ s}; \quad s = 90 \text{ m}; \quad a = ? \quad v = ?$$

Убрзање ракете је:

$$a = \frac{2s}{t^2}; \quad a = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Брзина ракете је:

$$v = a \cdot t; \quad v = 60 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$17. a = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad v = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}}; \quad t = ?$$

Аутомобил ће сустићи камион у тренутку када путеви које пређу возила буду једнаки:

$$s_1 = s_2; \quad \frac{at^2}{2} = vt.$$

Из добијене једначине следи:

$$\frac{at}{2} = v; \quad t = \frac{2v}{a}; \quad t = 20 \text{ s}.$$

$$18. v_0 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad t = 5 \text{ s}; \quad a = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad v = ?$$

Брзина скијаша је:

$$v = v_0 + at; \quad v = 4,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$19. \ell = 12 \text{ m}; \quad a = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad t_2 = ?$$

Време за које ће први вагон проћи поред отправника је:

$$t_1 = \sqrt{\frac{2\ell}{a}}.$$

Први и други вагон ће поред отправника проћи за време:

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 2\ell}{a}} = \sqrt{\frac{4\ell}{a}}.$$

Време за које ће други вагон проћи поред отправника је:

$$t_2 = t - t_1; \quad t_2 = \sqrt{\frac{4\ell}{a}} - \sqrt{\frac{2\ell}{a}}; \quad t_2 = 2,03 \text{ s.}$$

20. $t = 20 \text{ s}; \quad v = 12 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad v_0 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad s = ?$

Убрзање девојчице је:

$$a = \frac{v - v_0}{t}; \quad a = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Пут који девојчица пређе је:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}; \quad s = 140 \text{ m.}$$

21. $d = 2,4 \text{ m}; \quad v = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad s = 12 \text{ cm}; \quad v_s = ?$

Током кретања метка кроз вагон воз је прешао пут који је једнак растојању за које су један у односу на други померени отвори на зидовима вагона. Дакле, време кретања метка кроз вагон је:

$$t = \frac{s}{v}; \quad t = 0,008 \text{ s.}$$

Средња вредност брзине метка је:

$$v_s = \frac{d}{t} = \frac{d}{s} \cdot v; \quad v_s = 300 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

22. $v = 7,2 \frac{\text{km}}{\text{h}}; \quad \ell = 12 \text{ m}; \quad \Delta t = 1 \text{ s}; \quad n_1 = ? \quad a = 0,167 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad n_2 = ?$

a) Вагон прође поред рудара за време:

$$t_1 = \frac{\ell}{v}; \quad t_1 = 6 \text{ s}; \quad n_1 = 7.$$

б) Вагон прође поред рудара за време:

$$t_2 = \sqrt{\frac{2\ell}{a}}; \quad t_2 = 12 \text{ s}; \quad n_2 = 13.$$

23. $v_0 = 80 \frac{\text{km}}{\text{h}}; \quad v = 60 \frac{\text{km}}{\text{h}}; \quad a = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad t = ?$

Време након кога ће брзина аутобуса бити у оквиру дозвољених вредности је:

$$t = \frac{v_0 - v}{a}; \quad t = 5,56 \text{ s.}$$

$$24. \ell = 20 \text{ m}; \quad a = 3,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad v_0 = 11,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad t = ? \quad d = ?$$

Време које протекне до заустављања ципа је:

$$t = \frac{v_0}{a}; \quad t = 3 \text{ s.}$$

Пут који цип пређе до заустављања је:

$$s = v_0 t - \frac{at^2}{2}; \quad s = 17,1 \text{ m.}$$

Растојање између ципа и јелена, након заустављања возила је:

$$d = \ell - s; \quad d = 2,9 \text{ m.}$$

$$25. v_0 = 89 \frac{\text{km}}{\text{h}}; \quad v = 46 \frac{\text{km}}{\text{h}}; \quad s = 88 \text{ m}; \quad v_s = ? \quad t = ? \quad a = ?$$

Средња вредност брзине аутомобила је:

$$v_s = \frac{v_0 + v}{2}; \quad v_s = 18,75 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Време које је протекло током кочења је:

$$t = \frac{s}{v_s}; \quad t = 4,69 \text{ s.}$$

Успорење аутомобила је:

$$a = \frac{v_0 - v}{t}; \quad a = 2,54 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

$$26. d = 1050 \text{ m}; \quad a = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad v_{01} = 144 \frac{\text{km}}{\text{h}}; \quad v_{02} = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}}; \quad s_1 = ? \quad s_2 = ?$$

Време које протекне до заустављања путничког воза је:

$$t_1 = \frac{v_{01}}{a}; \quad t_1 = 40 \text{ s.}$$

До заустављања путнички воз пређе пут:

$$s_1 = v_{01} t_1 - \frac{at_1^2}{2}; \quad s_1 = 800 \text{ m.}$$

Време које протекне до заустављања теретног воза је:

$$t_2 = \frac{v_{02}}{a}; \quad t_2 = 20 \text{ s.}$$

До заустављања теретни воз пређе пут:

$$s_2 = v_{02} t_2 - \frac{at_2^2}{2}; \quad s_2 = 200 \text{ m.}$$

Како је $s_1 + s_2 = 1000 \text{ m} < d$, судар ће бити избегнут.

$$27. t_1 = 3 \text{ min}; \quad a = 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad t_2 = 10 \text{ min}; \quad t_3 = 3 \text{ min}; \quad s = ? \quad v_s = ?$$

Пут који воз прелази током равномерно убрзаног кретања је:

$$s_1 = \frac{at_1^2}{2}; \quad s_1 = 3240 \text{ m.}$$

Брзина воза на крају равномерно убрзаног кретања је:

$$v = a \cdot t_1 = 36 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Пут који воз пређе током равномерног кретања је:

$$s_2 = v t_2; \quad s_2 = 21600 \text{ m.}$$

Пут који воз прелази током равномерно успореног кретања је:

$$s_3 = \frac{vt_3}{2}; \quad s_3 = 3240 \text{ m.}$$

Укупни пут који је воз прешао је:

$$s = s_1 + s_2 + s_3; \quad s = 28,08 \text{ km.}$$

Како је укупно време кретања воза $t = t_1 + t_2 + t_3 = 16 \text{ min}$ средња вредност
брзине воза је:

$$v_s = \frac{s}{t}; \quad v_s = 29,25 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$28. s_1 = 32 \text{ m}; \quad t_1 = 7 \text{ s}; \quad t_2 = 9 \text{ s}; \quad t = 12 \text{ s}; \quad s_2 = 18 \text{ m}; \quad v = \frac{v_0}{2}; \quad a_1 = ? \quad a_2 = ?$$

Како трамвај полази из стања мirovanja то је:

$$s_1 = \frac{a_1 t_2^2}{2} - \frac{a_1 t_1^2}{2}.$$

Убрзање трамваја је:

$$a_1 = \frac{2s_1}{t_2^2 - t_1^2}; \quad a_1 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Брзина трамваја на крају равномерно убрзаног кретања је:

$$v_0 = a_1 \cdot t; \quad v_0 = 24 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Брзина трамваја на крају равномерно успореног кретања је, по услову задатка:

$$v = \frac{v_0}{2}; \quad v = 12 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Средња вредност брзине трамваја током равномерно успореног кретања је:

$$v_s = \frac{v_0 + v}{2}; \quad v_s = 18 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

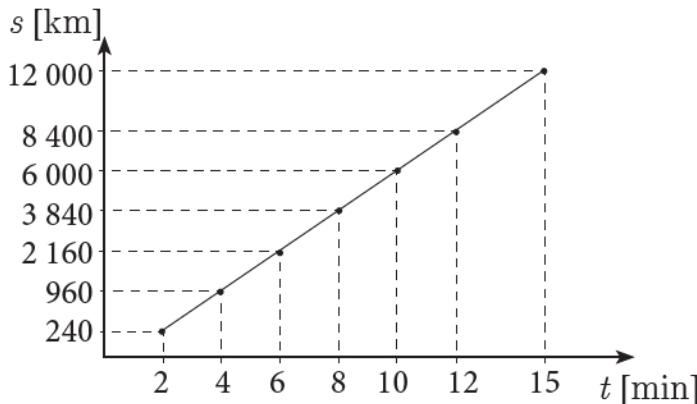
Време трајања равномерно успореног кретања је:

$$t_3 = \frac{s}{v_s}; \quad t_3 = 1 \text{ s.}$$

Успорење трамваја је:

$$a_2 = \frac{v_0 - v}{t_3}; \quad a_2 = 12 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

29.



30. Кретање аутомобила је равномерно. Брзина аутомобила је: $v = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

31. Убрзање мотоциклисте је: $a = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Пут који мотоциклиста пређе је:

$$s = \frac{at^2}{2}; \quad s = 12,5 \text{ m.}$$

32. Почетна брзина аутомобила је $v_0 = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Убрзање аутомобила је: $a = \frac{12 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{8 \text{ s}}$, тј. $a = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Пут који аутомобил пређе за првих 6 s кретања је:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}; \quad s = 42 \text{ m.}$$

33. Почетна брзина комбија је: $v_0 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Успорење комбија је:

$$a = \frac{20 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{8 \text{ s}}, \text{ тј. } a = 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Пут који комби пређе до заустављања је:

$$s = \frac{v_0^2}{2a}; \quad s = 80 \text{ m.}$$

34. Максимална брзина јахача је: $v_{\max} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

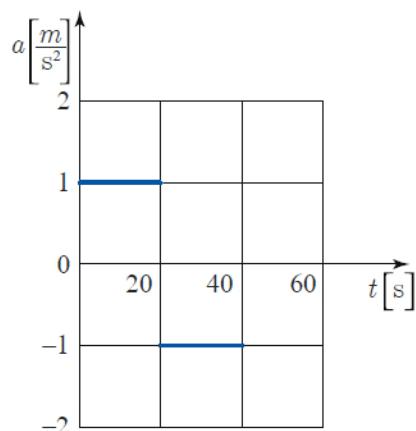
Убрзање јахача током првих 20 s кретања је:

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

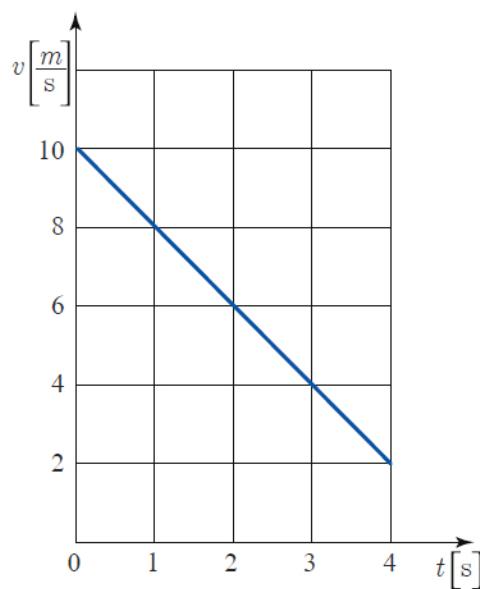
За 40 s кретања јахач пређе пут:

$$s = 2 \cdot \frac{at^2}{2}; \quad s = 400 \text{ m.}$$

График зависности убрзања јахача од времена је:



35. График зависности брзине тела од времена је:



Тело се креће равномерно успорено успорењем $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

36. Током првих 10 min космички брод се креће равномерно убрзано убрзањем:

$$a = \frac{20 \frac{\text{km}}{\text{s}}}{600 \text{ s}} = 0,033 \frac{\text{km}}{\text{s}^2}.$$

Пут који пређе космички брод током равномерно убрзаног кретања је:

$$s_1 = 6000 \text{ km}.$$

Током последњих 5 min космички брод се креће равномерно и при том прелази пут:

$$s_2 = 6000 \text{ km}.$$

Укупни пут који космички брод пређе је:

$$s = s_1 + s_2; s = 12\,000 \text{ km}.$$

37. Како је вредност тренутне брзине тела 2 у сваком тренутку већа од вредности тренутне брзине тела 1, закључујемо да је током времена t_0 имало већу средњу вредност брзине: $v_{s2} > v_{s1}$.

38. Чамац у коме се налазимо би требало да привежемо уз обалу.

39. Колица ће почети да се крећу улево.

40. Колица ће почети да се крећу улево.

41. Астронаут ипак може да се врати на свемирску станицу, ако баци масивни руksак са алатом. Брзина руksака требало би да има правцац који се поклапа са правцем који спаја астронаута и космичку станицу и смер од космичке станице ка астронауту. На тај начин астронаут ће почети да се креће ка свемирској станици.

42. $v = 160 \frac{\text{km}}{\text{h}}$; $t = 1,8 \text{ s}$; $m = 500 \text{ kg}$; $F = ?$

Интензитет сile која делује на санке је:

$$F = ma; F = m \frac{v}{t}; F = 12,35 \text{ kN}.$$

43. $m = 250 \text{ kg}$; $v_0 = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$; $v = 54 \frac{\text{km}}{\text{h}}$; $t = 10 \text{ s}$; $F = ?$

Интензитет сile која делује на сандук је:

$$F = ma; F = m \frac{v_0 - v}{t}; F = 125 \text{ N}.$$

$$44. m = 800 \text{ kg}; \quad v = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad t = 1 \text{ s}; \quad F = ?$$

Интензитет силе којом је носорог деловао на дрво је:

$$F = ma = m \frac{v}{t}; \quad F = 12 \text{ kN}.$$

$$45. m = 2 \text{ kg}; \quad S = 78 \text{ cm}^2; \quad v = 400 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad p = 1 \text{ MPa}; \quad t = ?$$

Сила којом барутни гасови делују на гранату је:

$$F = pS.$$

С друге стране, на основу другог Њутновог закона добија се:

$$F = ma = m \frac{v}{t}; \quad pS = m \frac{v}{t}.$$

Дакле, време кретања гранате кроз цев је:

$$t = \frac{mv}{pS}; \quad t = 0,1 \text{ s}.$$

$$46. m_1 = 150 \text{ kg}; \quad F_a = 50 \text{ N}; \quad m_2 = 250 \text{ kg}; \quad a_1 = ? \quad a_2 = ?$$

Убрзања чамаца добијају се применом другог и трећег Њутновог закона:

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

$$a_2 = \frac{F_a}{m_2}; \quad a_2 = 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

$$47. m_1 = 40 \text{ kg}; \quad m_2 = 8,4 \text{ kg}; \quad F_a = 5,2 \text{ N}; \quad \ell = 15 \text{ m}; \quad a_1 = ? \quad a_2 = ? \quad t = ?$$

Убрзање девојчице је:

$$a_1 = \frac{F_r}{m_1} = \frac{F_a}{m_1}; \quad a_1 = 0,13 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Убрзање санки је:

$$a_2 = \frac{F_a}{m_2}; \quad a_2 = 0,62 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Време које протекне до сусрета девојчице и санки је:

$$t = \sqrt{\frac{2\ell}{a_1 + a_2}}; \quad t = 6,33 \text{ s}.$$

Решења

2. Кретање под дејством силе теже и силе отпора

2.2. Тест знања

1. δ); 2. a); 3. в); 4. $Q = 0$; 5. δ); 6. δ); 7. δ).

2.4. Задаци за самосталан рад

1. Тело би се кретало убрзано све док не стигне до центра Земље, где би његова брзина била максимална. По проласку кроз центар Земље тело би се кретало успорено и зауставило би се на изласку из тунела.
2. Када тела нису подупрта или обешена, правци по којима она падају ка Земљи секу се у центру Земље.
3. Интезитет Земљине теже опада са висином, па се на већим надморским висинама постижу бољи резултати у скоку у даљ.
4. На тело које слободно пада делује само Земљина тежа. Из другог Њутновог закона следи: $ma = mg$, тј. $a = g$, па убрзање тела која слободно падају не зависи од њихове масе.
5. а) Одговор је у потпуности нетачан.
δ) Тежина је физичка величина одређена правцем, смером и интензитетом, а маса је физичка величина одређена само вредношћу, без обзира на то где се тело налази. Исправније би било рећи да је интензитет тежине тела пропорционалан његовој маси.
в) Маса тела је увек иста независно од његове „локалне“ тежине.
6. На пример, за $m = 50 \text{ kg}$, следи $Q = mg = 490,5 \text{ N}$.
7. $Q = 2 \text{ N}$; $m = ?$

Маса јабуке је:

$$m = \frac{Q}{g}; \quad m = 0,20 \text{ kg}.$$

8. $m = 10 \text{ kg}$; $F_z = ?$

Интензитет силе затезања ужета је:

$$F_z = mg; \quad F_z = 98,1 \text{ N}.$$

9. $m = 80 \text{ kg}$; $\frac{Q_m}{m} = 3,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$; $Q = ?$ $Q_m = ?$

Интензитет тежине путника на Земљи је:

$$Q = mg; \quad Q = 784,8 \text{ N}.$$

Интензитет тежине путника на Марсју је:

$$Q_m = m \frac{Q_m}{m}; \quad Q_m = 304 \text{ N}.$$

10. Да, ако мерење извршиш у лифту који се креће равномерно убрзано, убрзањем усмереним вертикално наниже.

11. У новом положају куглица ће се налазити у стању мировања.

12. Не, Земљина тежа и даље делује на тела у бестежинском стању.

13. $t = 5 \text{ s}$; $v = ?$

Брзина француског кључа ће бити:

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

14. $v = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $t = ?$

Време које је протекло од тренутка када се јабука откинула од гране до тренутка када је додирнула тло је:

$$t = \frac{v}{g}; \quad t = 0,82 \text{ s}.$$

15. $h = 100 \text{ m}$; $t_2 = ?$

Време за које камен пређе цео пут до површине океана је:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Прву половину пута до површи воде камен пређе за време:

$$t_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{h}{2}}{g}} = \sqrt{\frac{h}{g}}.$$

Другу половину пута до површи воде камен пређе за време:

$$t_2 = t - t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}} - \sqrt{\frac{h}{g}}; \quad t_2 = 1,32 \text{ s}.$$

16. $h = 1700 \text{ m}$; $v = ?$

Време за које би кишне капи стигле на тло када би слободно падале је:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Брзина кишних капи непосредно пре пада на тло била би:

$$v = gt = g\sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{2gh}; \quad v = 182,63 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

На кишне капи осим сile Земљине теже делује и сила отпора ваздуха, тако да је њихова брзина приликом пада на тло знатно мања.

17. $h = 12 \text{ m}$; $v = ?$ $v_s = ?$

Слично као у претходном задатку добија се:

$$v = \sqrt{2gh}; \quad v = 15,34 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Средња вредност брзине школјке током њеног кретања је:

$$v_s = \frac{gt}{2}; \quad v_s = 7,67 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

18. $h = 43,64 \text{ m}$; $\Delta t = 1 \text{ s}$; $s = ?$

Време кретања скакача је:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}; \quad t = 3 \text{ s}.$$

У последњој секунди свог кретања скакач пређе пут:

$$s = h - \frac{g(t - \Delta t)^2}{2}; \quad s = 24,36 \text{ m}.$$

19. $h = 45 \text{ m}$; $s = 12 \text{ m}$; $v = ?$

Време које протекне од тренутка када је девојчица испустила саксију до тренутка када је саксија упала у камион је:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Како се камион креће равномерно праволинијски, његова брзина је:

$$v = \frac{s}{t} = s\sqrt{\frac{g}{2h}}; \quad v = 3,96 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

20. $v_0 = 12 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $t = ?$

Време за које лопта достигне максималну висину је:

$$t = \frac{v_0}{g}; \quad t = 1,22 \text{ s}.$$

$$21. v_0 = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad t = 0,25 \text{ s}; \quad v = ?$$

Брзина кошаркашке лопте непосредно пре удара о под кошаркашког игралишта је:

$$v = v_0 + gt; \quad v = 5,45 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$22. v_0 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad t = 3,1 \text{ s}; \quad h = ?$$

Висина косог торња у Пизи је:

$$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}; \quad h = 53,34 \text{ m}.$$

$$23. h_{\max} = 80 \text{ cm}; \quad v_0 = ?$$

Време за које кошаркаш достигне максималну висину скока је:

$$t = \frac{v_0}{g}.$$

Максимална висина скока коју кошаркаш достигне је:

$$h_{\max} = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g}.$$

Дакле, минимална почетна брзина кошаркаша је:

$$v_0 = \sqrt{2gh}_{\max}; \quad v_0 = 3,96 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$24. h_{\max} = 200 \text{ km}; \quad g' = 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad v_0 = ?$$

Слично као у претходном задатку добија се да је почетна брзина лаве:

$$v_0 = \sqrt{2g'h}_{\max}; \quad v_0 = 774,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$25. t_1 = 6 \text{ s}; \quad a = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad h_{\max} = ?$$

У тренутку нестанка горива модел ракете се налазио на висини:

$$h = \frac{at_1^2}{2}.$$

Брзина модела ракете у тренутку нестанка горива је:

$$v = a \cdot t_1.$$

Након нестанка горива модел ракете наставља да се креће по законима вертикалног хица. Дакле, максимална висина коју модел ракете достиже током крећања је:

$$h_{\max} = h + \frac{v^2}{2g} = \frac{at_1^2}{2} + \frac{a^2t_1^2}{2g} = \frac{at_1^2}{2} \left(1 + \frac{a}{g}\right); \quad h_{\max} = 101,36 \text{ m}.$$

26. $t_1 = 3 \text{ s}; \quad a = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad v = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad t = ? \quad h = ?$

Брзина падобранца непосредно пре додира на подлоге је:

$$v = v_0 - a \cdot t_2; \quad v = gt_1 - a \cdot t_2.$$

Из добијене једначине следи да је време током кога се падобранац кретао равномерно успорено:

$$t_2 = \frac{gt_1 - v}{a}; \quad t_2 = 9,14 \text{ s}.$$

Укупно време кретања падобранца је:

$$t = t_1 + t_2; \quad t = 12,14 \text{ s}.$$

Висина са које је падобранац искочио је:

$$h = h_1 + h_2 = \frac{gt_1^2}{2} + v_0 t_2 - \frac{at_2^2}{2} = \frac{gt_1^2}{2} + gt_1 t_2 - \frac{at_2^2}{2}; \quad h = 187,83 \text{ m}.$$

27. Ода тела се по вертикални крећу под утицајем силе Земљине теже, па ће истовремено стићи на подлогу.

28. $m = 2 \text{ kg}; \quad a_1 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad a_2 = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad F = ? \quad F_1 = ? \quad F_2 = ?$

На сличан начин као у решењу примера 3, добија се:

- a) $F = mg; \quad F = 19,62 \text{ N}.$
- б) $F_1 = mg + ma_1; \quad F_1 = 23,62 \text{ N}.$
- в) $F_2 = mg - ma_2; \quad F_2 = 13,62 \text{ N}.$

29. Сила трења зависи од интензитета силе којом тело нормално делује на подлогу и коефицијента трења.

30. Коефицијент трења зависи од природе додирне површине, материјала (супстанције) од којих су направљена тела, обрађености додирних површина тела и њихове чистоће.

31. Аутомобилске гуме имају рељефне шаре због тога што се на тај начин повећава коефицијент трења између аутомобилских гума и пута.

32. Зими се стављају ланци на точкове аутомобила како би се, због повећања интензитета силе трења између точкова аутомобила и залеђеног пута, спречило клизање аутомобила по путу.

$$33. \mu = 0,37; m = 35 \text{ kg}; F_{\text{tr}} = ?$$

Интензитет сile трења која делује на кофер је:

$$F_{\text{tr}} = \mu mg; F_{\text{tr}} = 127,04 \text{ N.}$$

$$34. F_{\text{tr}} = 160 \text{ N}; m = 80 \text{ kg}; \mu = ?$$

Коефицијент трења је:

$$\mu = \frac{F_{\text{tr}}}{mg}; \mu = 0,20.$$

$$35. \mu = 0,5; m = 45 \text{ kg}; F = ?$$

Минимални интензитет сile којом дечак мора деловати на орман да би га покренуо једнак је интензитету сile трења:

$$F = F_{\text{tr}}; F = mg\mu; F = 220,72 \text{ N.}$$

$$36. F = 250 \text{ N}; \mu = 0,68; m = ?$$

Интензитет сile трења је: $F_{\text{tr}} = F$.

Маса стола је:

$$m = \frac{F}{\mu g}; m = 37,48 \text{ kg.}$$

$$37. v_0 = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}}; \mu = 0,3; a = ? t = ?$$

На основу другог Њутновог закона следи:

$$ma = mg\mu; a = g\mu; a = 2,943 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Време које протекне до заустављања вагона је:

$$t = \frac{v_0}{a}; t = \frac{v_0}{g\mu}; t = 6,80 \text{ s.}$$

Решења

3. Равнотежа тела

3.2. Тест знања

1. a); 2. в); 3. 6); 4. в); 5. а)

3.4. Задаци за самосталан рад

1. $F_R = 250 \text{ N}; F_1 = 150 \text{ N}; F_2 = ?$

Минимални интензитет сile којом други дечак мора да делује да би помогао свом другу у покретању каменог блока је:

$$F_2 = F_R - F_1; F_2 = 100 \text{ N}.$$

2. $F_1 = 150 \text{ N}; F_2 = 100 \text{ N}; F_3 = 250 \text{ N}; F_R = ?$

Како су сile колинеарне и исто усмерене, интензитет резултанте која делује на метеорит је:

$$F_R = F_1 + F_2 + F_3; F_R = 500 \text{ N}.$$

3. $F_1 = 10 \text{ N}; F_2 = 7 \text{ N}; F_{R\max} = ?; F_{R\min} = ?$

a) Интензитет резултанте је минималан када су компоненте колинеарне и имају супротне смерове:

$$F_{R\min} = F_1 - F_2; F_{R\min} = 3 \text{ N}.$$

b) Интензитет резултанте је максималан када су сile компоненте колинеарне и имају исте смерове:

$$F_{R\max} = F_1 + F_2; F_{R\max} = 17 \text{ N}.$$

4. Тело приказано на слици налази се у стању лабилне равнотеже.

5. Квака на вратима није учвршћена на средини врата или ближе шаркама, зато што бисмо, у том случају, морали да употребимо силу знатно већег интензитета да бисмо отворили врата.

6. Не, зато што збир свих момената силе који делују на тело не мора бити једнак нули.

7. Не, због тога што кракови сила могу бити различити.

8. Да бисмо подигли неки терет помоћу полуге, на слободан крај полуге не морамо деловати силом великог интензитета уколико је крак сile довољно дугачак. Ова тврђа била је позната Архимеду. Ако би неко покушао да подигне Земљу помоћу циновске полуге био би му неопходан ослонац који би се морао налазити далеко у космичком простору што је неоствариво.

9. $F = 9 \text{ N}$; $a = 25 \text{ cm}$; $M = ?$

Момент сile који делује на завртањ је:

$$M = F \cdot a; \quad M = 2,25 \text{ Nm}.$$

10. $M = 7 \text{ Nm}$; $r = 80 \text{ cm}$; $F = ?$

Итензитет сile којом бициклista делује на точак је:

$$F = \frac{M}{r}; \quad F = 8,75 \text{ N}.$$

11. $F_{\min} = 25 \text{ N}$; $a = 4 \text{ cm}$; $b = 22 \text{ cm}$; $F = ?$

Из услова равнотеже момената у односу на тачку ослонца алатке добија се:

$$F \cdot b = F_{\min} \cdot a; \quad F = \frac{F_{\min} \cdot a}{b}; \quad F = 4,55 \text{ N}.$$

12. $Q = 80 \text{ N}$; $q = 4p$; $F = ?$

Итензитет сile коју мора да развије мишић руке је:

$$F \cdot p = Q \cdot q; \quad F = 4Q; \quad F = 320 \text{ N}.$$

13. $Q_1 = 200 \text{ N}$; $Q_2 = 800 \text{ N}$; $a_2 = 1,5 \text{ m}$; $a_1 = ?$

Из услова равнотеже момената у односу на ослонца клацкалице добија се:

$$a_1 = \frac{Q_2 \cdot a_2}{Q_1}; \quad a_1 = 6 \text{ m}.$$

14. $m = 50 \text{ kg}$; $a = 1 \text{ m}$; $b = 0,6 \text{ m}$; $F = ?$

Итензитет сile којом жена мора деловати на колица да би подигла терет је:

$$F = \frac{mg \cdot b}{(a + b)}; \quad F = 183,93 \text{ N}.$$

15. $m = 0,11 \text{ kg}$; $\ell = 21 \text{ cm}$; $F = 0,365 \text{ N}$; $L_{\max} = ?$

Да се управљач не би преврнуо, момент силе којом човек делује на дугме управљача (у односу на ивицу стола) мора бити једнак или мањи од момента силе теже која делује на управљач. Дакле:

$$F \cdot L \leq mg \left(\frac{\ell}{2} - L \right).$$

Из ове једначине следи да је:

$$L_{\max} = \frac{mg\ell}{2(F + mg)}, \text{ tj. } L_{\max} = 7,85 \text{ cm}.$$

16. $m = 20 \text{ kg}$; $F_1 = ?$ $F_2 = ?$

a) Када се дете налази на средини даске, услов равнотеже момената сила којом дететови родитељи делују на даску је (у односу на тачку ослонца детета):

$$F_1 \cdot \frac{L}{2} = F_2 \cdot \frac{L}{2}, \text{ одакле следи: } F_1 = F_2.$$

Како је: $mg = F_1 + F_2$, следи:

$$F_1 = F_2 = \frac{mg}{2}; \quad F_1 = F_2 = 98,1 \text{ N}.$$

б) Када се дете налази на датом растојању од оца, услов равнотеже момената гласи:

$$F_1 \cdot \frac{3L}{4} = F_2 \cdot \frac{L}{4}, \text{ одакле следи: } 3F_1 = F_2.$$

Како је: $mg = F_1 + F_2$, следи:

$$F_1 = \frac{mg}{4}; \quad F_1 = 49,05 \text{ N}; \quad F_2 = \frac{3mg}{4}; \quad F_2 = 147,15 \text{ N}.$$

17. $\ell = 100 \text{ cm}$; $m_1 = 1 \text{ kg}$; $x_1 = 10 \text{ cm}$; $m_2 = 2 \text{ kg}$; $x_2 = 30 \text{ cm}$; $m_3 = 4 \text{ kg}$; $x_3 = ?$

Услов равнотеже момената сила у односу на тачку вешања терета је:

$$m_1 g \left(\frac{\ell}{2} - x_1 \right) + m_2 g \left(\frac{\ell}{2} - x_2 \right) = m_3 g \left(x_3 - \frac{\ell}{2} \right).$$

Даље је:

$$x_3 = \frac{m_1 \left(\frac{\ell}{2} - x_1 \right) + m_2 \left(\frac{\ell}{2} - x_2 \right) + m_3 \frac{\ell}{2}}{m_3}; \quad x_3 = 70 \text{ cm}.$$

Дакле, трећи терет би требало обесити на растојању 70 см од левог краја штапа, односно 30 см од десног краја штапа.

18. Теразије неће бити у равнотежи када кликере потопимо у воду, јер је интензитет силе потиска која делује на стаклени кликер већи од интензитета силе потиска која делује на месингани кликер (масе кликера су једнаке, па је запремина стакленог кликера већа од запремине месинганог кликера).
19. Челични брод плива по води, јер је његова средња густина мања од густине воде. То се објашњава чињеницом да брод садржи бројне коморе испуњене ваздухом.
20. Средња густина стаклене флаше напуњене водом је већа од густине воде и она у води тоне (густина стакла је већа од густине воде). Средња густина стаклене флаше напуњене живом је мања од густине живе (густина стакла је мања од густине живе) и она ће пливати ако је потопимо у живу.
21. Ниво воде у чаши се неће променити, јер је запремина воде која се добије топљењем коцкице леда једнака запремини дела коцкице леда који се налазио испод нивоа воде.

$$22. F_1 = 0,04 \text{ N}; \rho_1 = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \rho_2 = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; F_2 = ?$$

Сила потиска која делује на маслину потопљену у уље је:

$$F_1 = \rho_1 g V;$$

Запремина маслине је:

$$V = \frac{F_1}{\rho_1 g}.$$

Сила потиска која делује на маслину када се она потопи у воду је:

$$F_2 = \rho_2 g V = \frac{\rho_2 F_1}{\rho_1}; \quad F_2 = 0,05 \text{ N}.$$

$$23. a = 4,2 \text{ m}; \quad b = 6,5 \text{ m}; \quad c = 2,5 \text{ cm}; \quad \rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \quad Q = ?$$

Тежина коња је једнака тежини потиснуте воде:

$$Q = \rho g V = \rho g a b c; \quad Q = 6695,32 \text{ N}.$$

$$24. Q_1 = 750 \text{ N}; \quad Q_2 = 1000 \text{ N}; \quad F_p = ?$$

Интензитет силе потиска је:

$$F_p = Q_2 - Q_1; \quad F_p = 250 \text{ N}.$$

$$25. V = 3,5 \text{ dm}^3; \rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; Q_1 = 233 \text{ N}; Q_2 = ?$$

Иако то није изричito речено у тексту задатка занемарићемо силу потиска која делује на сидро у ваздуху. Тежина сидра у ваздуху једнака је збире његове тежине у води и силе потиска која на њега делује у води:

$$Q_2 = Q_1 + F_p = Q_1 + \rho Vg; \quad Q_2 = 267,34 \text{ N}.$$

$$26. V = 8,2 \text{ cm}^3; \rho_0 = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \rho = 11400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; F_z = ?$$

Интензитет силе затезања струне је:

$$F_z = mg - F_p = (\rho - \rho_0) Vg; \quad F_z = 0,84 \text{ N}.$$

$$27. \rho_0 = 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \rho = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \frac{\Delta V}{V} = ?$$

Како је: $F_p = mg$, део запремине леденог брега који се налази испод површине воде је:

$$\rho_0 V_0 g = \rho V g; \quad V_0 = V \frac{\rho}{\rho_0}.$$

Део запремине леденог брега који се налази изнад површине воде је:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{V - V_0}{V} = 1 - \frac{\rho}{\rho_0}; \quad \frac{\Delta V}{V} = 12,6 \text{ \%}.$$

$$28. V = 5000 \text{ m}^3; m = 150 \text{ kg}; \rho = 0,16 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \rho_0 = 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \Delta m = ?$$

Највећа могућа маса терета који балон може да понесе је:

$$\Delta mg = F_p - \rho Vg - mg = (\rho_0 - \rho) V - m; \quad \Delta m = 5300 \text{ kg}.$$

Решења

4. Механички рад, енергија и снага

4.2. Тест знања

1. δ); 2. a); 3. δ); 4. в); 5. δ); 6. a); 7. a) 8. При механичком кретању тела укупна механичка енергија остаје стална: $E_M = \text{const.}$

4.4. Задаци за самосталан рад

1. Док тело слободно пада Земљина тежа врши рад.
2. Сила трења.
3. Не, човек не врши рад, зато што чамац мирује.
4. $F = 250 \text{ N}$; $s = 100 \text{ m}$; $A = ?$

Рад који изврши Сизиф је:

$$A = Fs; A = 25 \text{ kJ}.$$

5. $F = 400 \text{ N}$; $A = 800 \text{ kJ}$; $s = ?$

Пут који коњ мора да пређе је:

$$s = \frac{A}{F}; s = 2 \text{ km}.$$

6. $s = 2 \text{ m}$; $A = 200 \text{ J}$; $F = ?$

Интензитет силе којом собариша делује на усисивач је:

$$F = \frac{A}{s}; F = 100 \text{ N}.$$

7. Не, кинетичка енергија зависи само од интензитета, а не од правца и смера δрзине.
8. Кинетичка енергија тела се повећа четири пута.

9. Не, већа је кинетичка енергија 1 m^3 воде у планинској реци.

10. $m = 45\text{ kg}$; $v = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $E_k = ?$

Кинетичка енергија атлетичарке је:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}; \quad E_k = 2250\text{ J.}$$

11. $E_k = 20\text{ J}$; $v = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $m = ?$

Маса колица је:

$$m = \frac{2E_k}{v^2}; \quad m = 2,5\text{ kg.}$$

12. $E_{kl} = \frac{E_{k2}}{2}$; $m_1 = 2m_2$; $v_2 = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $v_1 = ?$

Из услова задатка је:

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{m_2 v_2^2}{2},$$

односно:

$$v_1^2 = \frac{m_2 v_2^2}{2m_1}; \quad v_1^2 = \frac{v_2^2}{4}; \quad v_1 = \frac{v_2}{2}; \quad v_1 = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

13. Гвоздена кугла има већу гравитациону потенцијалну енергију од дрвене, јер има већу масу.

14. $m = 100\text{ kg}$; $h = 2\text{ m}$; $E_p = ?$

Потенцијална енергија балвана у односу на циркуски под је:

$$E_p = mgh; \quad E_p = 1962\text{ N.}$$

15. $m = 80\text{ kg}$; $H = 4000\text{ m}$; $h = 1000\text{ m}$; $E_{p1} = ?$; $E_{p2} = ?$

a) Потенцијална енергија алпинисте у односу на ниво мора:

$$E_{p1} = mgH; \quad E_{p1} = 3,14\text{ MJ.}$$

б) Потенцијална енергија алпинисте у односу на подножје планине:

$$E_{p2} = mg(H - h); \quad E_{p2} = 2,35\text{ MJ.}$$

16. $m = 70\text{ kg}$; $E_p = 7\text{ kJ}$; $h = ?$

Висина базенске скакаонице је:

$$h = \frac{E_p}{mg}; \quad h = 10,19\text{ m.}$$

17. Висинска разлика између подлоге и врха купастог мравињака је иста за обе путање, па је рад који мрав изврши једнак у оба случаја.

18. $h = 1,6 \text{ m}$; $m = 4 \text{ kg}$; $A = ?$

Рад који изврши библиотекар је:

$$A = mgh; \quad A = 62,78 \text{ J}.$$

19. $A = 400 \text{ J}$; $h = 2 \text{ m}$; $m = ?$

Маса кофера је:

$$m = \frac{A}{gh}; \quad m = 20,39 \text{ kg}.$$

20. $Q = 2000 \text{ N}$; $h = 2,2 \text{ m}$; $A_1 = ?$ $A_2 = ?$

Рад који изврши дизач тегова је:

$$A_1 = Qh; \quad A_1 = 4,4 \text{ kJ}.$$

Рад који изврши сила Земљине теже има негативан предзнак:

$$A_2 = -Qh; \quad A_2 = -4,4 \text{ kJ}.$$

21. $h_1 = 60 \text{ cm}$; $h_2 = 160 \text{ cm}$; $s = 50 \text{ m}$; $t = 20 \text{ s}$; $m = 0,2 \text{ kg}$; $A = ?$

Човек је обављао рад само приликом подизања новина.

$$A = mg(h_2 - h_1); \quad A = 1,962 \text{ J}.$$

22. Не, сила теже не врши једнак рад у једнаким временским интервалима, јер тело које слободно пада не прелази једнаке путеве у једнаким временским интервалима.

23. $m = 0,01 \text{ kg}$; $v = 100 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $A = ?$

Рад силе притиска барутних гасова једнак је промени кинетичке енергије метка:

$$A = \Delta E_k = \frac{mv^2}{2}; \quad A = 50 \text{ J}.$$

24. $v_0 = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $v = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $m = 10 \text{ kg}$; $A = ?$

Рад који је потребно извршити је једнак промени кинетичке енергије санки:

$$A = \Delta E_k = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}; \quad A = 60 \text{ J}.$$

25. $m_1 = 72 \text{ kg}; m_2 = 15 \text{ kg}; a = 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; s = 2,5 \text{ m}; A = ?$

Интензитет сile којом медицински техничар делује на колица на којима се налази болесник је:

$$F = (m_1 + m_2)a.$$

Рад који изврши медицински техничар је:

$$A = F \cdot s = (m_1 + m_2)as; A = 130,5 \text{ J.}$$

26. $m = 300\,000 \text{ kg}; \mu = 0,3; s = 2 \text{ km}; A_v = ? A_{tr} = ?$

Интензитет сile вуче једнак је интензитету сile трења:

$$F_v = F_{tr} = mg\mu.$$

Рад сile вуче је:

$$A_v = F_v \cdot s = mg\mu \cdot s; A_v = 1,77 \cdot 10^9 \text{ J.}$$

Рад сile трења има негативан предзнак, јер је смер сile трења супротан смеру кретања воза:

$$A_{tr} = -F_{tr} \cdot s = -mg\mu \cdot s; A_{tr} = -1,77 \cdot 10^9 \text{ J.}$$

27. $m = 0,2 \text{ kg}; v_0 = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}}; E_{p\max} = ?$

Потенцијална енергија капе, у тренутку када она достигне максималну висину, једнака је кинетичкој енергији капе у тренутку када је бачена.

$$E_{p\max} = \frac{mv_0^2}{2}; E_{p\max} = 6,4 \text{ J.}$$

28. $h = 2 \text{ m}; v = ?$

Кинетичка енергија јабуке непосредно пре њеног пада на тло, једнака је потенцијалној енергији јабуке у тренутку када се откинула од гране:

$$E_k = E_p; \frac{mv^2}{2} = mgh; v = \sqrt{2gh}; v = 6,26 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

29. $v = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}; h = ?$

На основу закона одржања механичке енергије добија се:

$$\frac{mv^2}{2} = mgh; h = \frac{v^2}{2g}; h = 5,1 \text{ m.}$$

$$30. h = 10 \text{ m}; \quad v_0 = 8 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad v = ?$$

На основу закона одржања механичке енергије је:

$$\frac{mv^2}{2} = mgh + \frac{mv_0^2}{2}; \quad v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}; \quad v = 16,13 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$31. h_z = 45 \text{ cm}; \quad g_J = 22 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad h_J = ?$$

Висину до које би исти дечак могао да скочи на Јупитеру налазимо на основу закона одржања енергије:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mg_J h_J.$$

С друге стране је:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh_z.$$

Дакле:

$$h_J = h_z \frac{g_z}{g_J}; \quad h_J = 20,06 \text{ cm}.$$

$$32. h = 1 \text{ m}; \quad v_1 = ? \quad v_2 = ?$$

а) На основу закона одржања механичке енергије за тобоган 1 је:

$$mgh = \frac{mv_1^2}{2}; \quad v_1 = \sqrt{2gh}; \quad v_1 = 4,43 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

б) На основу закона одржања механичке енергије за тобоган 2 је:

$$mgh = \frac{mv_2^2}{2}; \quad v_2 = \sqrt{2gh}; \quad v_2 = 4,43 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$33. v_0 = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad v = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad h = ?$$

На основу закона одржања механичке енергије је:

$$mgh + \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2}; \quad h = \frac{v^2 - v_0^2}{2g}; \quad h = 5,05 \text{ m}.$$

$$34. v_0 = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}}; \quad \mu = 0,4; \quad s = ?$$

Почетна кинетичка енергија аутомобила једнака је раду силе трења до заустављања аутомобила:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mg\mu \cdot s.$$

Пут који аутомобил пређе до заустављања је:

$$s = \frac{v_0^2}{2g\mu}; \quad s = 50,97 \text{ m.}$$

35. При подмазивању смањују се енергетски губици услед трења, па се према томе повећава коефицијент корисног дејства.
36. Коефицијент корисног дејства машине увек је мањи од 1, зато што се један део уложеног рада утроши на губитке настале услед трења у покретним деловима уређаја, топлотне губитке, итд.
37. $A_1 = A_2$, јер радници на исту висину подижу једнаке терете. Радници нису употребили једнаку снагу јер је $t_1 > t_2$. Дакле, $P_2 > P_1$.

38. $A = 100 \text{ kJ}; \quad t = 2 \text{ min}; \quad P = ?$

Снага бродске дизалице је:

$$P = \frac{A}{t}; \quad P = 833,33 \text{ W.}$$

39. $t = 20 \text{ min}; \quad P = 50 \text{ W}; \quad A = ?$

Рад који изврши сила електромотора фена је:

$$A = P \cdot t; \quad A = 60 \text{ kJ.}$$

40. $P = 50 \text{ kW}; \quad A = 1 \text{ MJ}; \quad v = 36 \frac{\text{km}}{\text{h}}; \quad s = ?$

Време за које мотор трактора изврши дати рад је:

$$t = \frac{A}{P}.$$

Пут који трактор пређе за то време је:

$$s = vt; \quad s = v \frac{A}{P}; \quad s = 200 \text{ m.}$$

41. $m = 5 \text{ kg}; \quad v = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad P = ?$

Снага коју девојчица мора да употреби је:

$$P = F \cdot v; \quad P = mgv; \quad P = 98,1 \text{ W.}$$

42. $m = 100 \text{ kg}; \quad t = 10 \text{ s}; \quad h = 10 \text{ m}; \quad g_M = 1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}; \quad P = ?$

Снага потребна астронауту је:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{mg_M h}{t}; \quad P = 160 \text{ W.}$$

43. $t = 1 \text{ h}$; $n = 100$; $m = 70 \text{ kg}$; $h = 200 \text{ m}$; $P = ?$

Снага електромотора ски-лифта је:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{nmgh}{t}; \quad P = 3,815 \text{ kW}.$$

44. $m = 5000 \text{ kg}$; $v = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$; $s = 2 \text{ km}$; $\mu = 0,3$; $P = ?$; $A = ?$

Сила вуче мотора камиона је:

$$F = F_{\text{tr}} = mg\mu.$$

Снага коју развија мотор камиона је:

$$P = F \cdot v = mg\mu v; \quad P = 294,3 \text{ kW}.$$

Рад који изврши сила вуче мотора камиона је:

$$A = F \cdot s = mg\mu s; \quad A = 29,43 \text{ MJ}.$$

45. $P_u = 40 \text{ kW}$; $P_k = 18 \text{ kW}$; $\eta = ?$

Коефицијент корисног дејства мотора је:

$$\eta = \frac{P_k}{P_u}; \quad \eta = 0,45.$$

46. $A_k = 32000 \text{ J}$; $P_u = 105 \text{ W}$; $\eta = 0,8$; $t = ?$

Укупан рад који је потребан да би се у микроталасној пећници истопила коцкица леда је:

$$A_u = \frac{A_k}{\eta}; \quad Pt \cdot = \frac{A_k}{\eta}.$$

Време за које се истопи коцкица леда је:

$$t = \frac{A_k}{\eta P}; \quad t = 380,95 \text{ s}.$$

Решења

5. Топлотне појаве

5.2. Тест знања

1. a); 2. На појави топлотног ширења; 3. a); 4. Апсолутна нула. Она је једнака 0 K;
5. 6).

5.4. Задаци за самосталан рад

1. Лети нам се чини да је вода из дубоких бунара хладнија, зато што је лети већа разлика температуре воде и температуре ваздуха.
2. Помоћу термометра са живом не могу се мерити зимске температуре у Сибири јер жива мрзне на -39°C .
3. Телефонске и електричне жице су лети опуштене, а зими затегнуте због топлотног ширења.
4. Боце у којима се чувају разне течности не пуне се до врха, да услед топлотног ширења не би дошло до проливања течности.
5. При промени температуре тела, због топлотног ширења, мења се његова запремина. Како маса тела остаје иста, густина тела се мења.

6. $t = 24^{\circ}\text{C}$; $T = ?$

Апсолутна температура ваздуха је:

$$T = \left(273 + \frac{t}{^{\circ}\text{C}}\right) \text{ K}; \quad T = 297 \text{ K}.$$

7. $t = -38^{\circ}\text{C}$; $T = ?$

Апсолутна температура ваздуха је:

$$T = \left(273 + \frac{t}{^{\circ}\text{C}}\right) \text{ K}; \quad T = 235 \text{ K}.$$

$$8. T = 77 \text{ K}; \quad t = ?$$

Температура течног азота је:

$$t = \left(\frac{T}{K} - 273 \right) {}^\circ\text{C}; \quad t = -196 {}^\circ\text{C}.$$

$$9. \Delta t = 25 {}^\circ\text{C}; \quad \Delta T = ?$$

Промена апсолутне температуре ваздуха је: $\Delta T = 25 \text{ K}$.

10. Топлији ваздух је „лакши“ (има мању густину) па га гушћи хладнији ваздух потискује ка таваници.

$$11. \Delta t = 15 {}^\circ\text{C}; \quad m = 0,05 \text{ kg}; \quad c = 837 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}; \quad Q = ?$$

Количина топлоте коју је кугла примила при загревању је:

$$Q = mc\Delta t; \quad Q = 628 \text{ J}.$$

$$12. m = 0,1 \text{ kg}; \quad Q = 20 \text{ J}; \quad t_0 = 20 {}^\circ\text{C}; \quad c = 129 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}; \quad t = ?$$

Температура наруквице након загревања је:

$$t = t_0 + \frac{Q}{mc}; \quad t = 21,55 {}^\circ\text{C}.$$

$$13. m = 0,8 \text{ kg}; \quad Q = 4100 \text{ J}; \quad \Delta t = 5 {}^\circ\text{C}; \quad c = ?$$

Специфична топлотна капацитивност уља:

$$c = \frac{Q}{m\Delta t}; \quad c = 1025 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}.$$

$$14. P = 1,5 \text{ kW}; \quad V = 1 \ell; \quad t_0 = 15 {}^\circ\text{C}; \quad t = 100 {}^\circ\text{C}; \quad c = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}; \quad \rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; \quad \tau = ?$$

Како је:

$$Q = P\tau; \quad mc(t - t_0) = P\tau,$$

тражено време је:

$$\tau = \frac{\rho V c (t - t_0)}{P}; \quad \tau = 238 \text{ s}.$$

15. $t_1 = 32^\circ\text{C}$; $t_2 = 15^\circ\text{C}$; $m_1 = 0,55 \text{ kg}$; $m_2 = 0,21 \text{ kg}$; $c_1 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$; $c_2 = 880 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$; $t = ?$

Из једначине топлотне равнотеже добија се да је температура након успостављања равнотеже:

$$t = \frac{m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}; \quad t = 30,74^\circ\text{C}.$$

16. $m_1 = 0,001 \text{ kg}$; $t_1 = 75^\circ\text{C}$; $m_2 = 0,18 \text{ kg}$; $t_2 = 23^\circ\text{C}$; $n = ?$; $t = 25^\circ\text{C}$;

$$c_1 = 128 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}; \quad c_2 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}; \quad n = ?$$

Једначина топлотног биланса је:

$$n m_1 c_1 (t_1 - t) = m_2 c_2 (t - t_2).$$

Број куглица које би требало ставити у воду је:

$$n = \frac{m_2 c_2 (t - t_2)}{m_1 c_1 (t_1 - t)}; \quad n = 236.$$

17. $m_1 = 0,11 \text{ kg}$; $t_1 = 24^\circ\text{C}$; $m_2 = 0,225 \text{ kg}$; $t_2 = 80,3^\circ\text{C}$; $m_3 = 0,0122 \text{ kg}$; $t_3 = 5^\circ\text{C}$;

$$c_1 = 1090 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}; \quad c_2 = c_3 = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}.$$

Једначина топлотне равнотеже је:

$$m_1 c_1 (t - t_1) + m_3 c_3 (t - t_3) = m_2 c_2 (t_2 - t).$$

Температура након успостављања равнотеже је:

$$t = \frac{m_1 c_1 t_1 + m_2 c_2 t_2 + m_3 c_3 t_3}{m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3}; \quad t = 70,8^\circ\text{C}.$$

18. $v_0 = 108 \frac{\text{km}}{\text{h}}$; $m = 20 \text{ kg}$; $c = 450 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$; $M = 1000 \text{ kg}$; $\Delta t = ?$

Количина топлоте коју кочиони систем прими приликом кочења једнака је кинетичкој енергији аутомобила:

$$Q = E_k; \quad mc \Delta t = \frac{M v_0^2}{2}.$$

Дакле:

$$\Delta t = \frac{M v_0^2}{2mc}; \quad \Delta t = 50^\circ\text{C}.$$

$$19. m = 0,1 \text{ kg}; h = 5 \text{ m}; c = 128 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}; \Delta t = ?$$

Промена температуре кугле добија се на основу закона одржања енергије:

$$Q = E_p; mc\Delta t = mgh; \Delta t = \frac{gh}{c}; \Delta t = 0,38 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

20. Унутрашња енергија гасова се своди на кинетичку енергију кретања честица од којих се гасови сastoјe.
21. Унутрашња енергија течности и чврстих тела се не може свести на кинетичку енергију честица које их сачињавају, већ се мора узети у обзир и потенцијална енергија честица која потиче од њиховог узајамног деловања.
22. Између количине топлоте и унутрашње енергије постоји разлика, јер је количина топлоте мера промене унутрашње енергије.

$$23. m = 20\ 000 \text{ t}; \eta = 10%; \lambda_t = 330 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}; Q = ?$$

Количина топлоте коју би требало уложити да би се отопило 10% леденог брега је:

$$Q = \eta \cdot m \cdot \lambda_t, \text{ односно } Q = 660\ 000 \text{ MJ}.$$

Толико електричне енергије би произвеље током једног дана све електране у Србији када би радиле максималном снагом!

$$24. P = 2 \text{ kW}; \tau = 2 \text{ min}; \lambda_i = 2,2 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}; m = ?$$

Количина топлоте која се преда води која кључа је $Q = P \cdot \tau$.
С друге стране је: $Q = m \cdot \lambda_i$, па је маса воде која је испарила

$$m = \frac{P \cdot \tau}{\lambda_i} = 0,1 \text{ kg}.$$



Лабораторијске вежбе

УВОД

Тајне природе су од најдавнијих времена биле енигма за человека. Уочио је да се појаве у природи јављају, понављају, мењају, утичу једне на друге па и на њега самог. Њихово упознавање и разоткривање значило је опстанак, савлађивање страха од непознатог, корак ка сигурнијем и удобнијем животу. Можемо рећи да је управо тако настала прва научна метода коју називамо опсервација, односно посматрање. Следећи корак био је покушај да се у неким познатим условима изазову појаве запажене у природи и на тај начин боље и детаљније анализирају или пак да се потврде закључци донесени посматрањем. На тај начин уведена је нова научна метода под називом експеримент.

Процес сазнавања трајао је вековима те се човеково знање о природи увећавало и систематизовало. Због тога је неопходно прибегавати различитим методама како лакше и ефикасније то огромно знање да пренесемо, усвојимо и користимо у свакодневном животу и раду. Дакле, физика као наука подразумева једну нераздвојиву везу теорије и експеримента како у истраживачком раду, тако и у образовном раду. Кажемо да је физика теоријска и експериментална наука. Улога експеримента је са-знајна како у научном, тако и у образовном погледу. У настави помаже подстицају мотивације, интересовања и лакшем разумевању теоријски усвојених знања.

Експеримент је низ операција извођених у контролисаним условима ради тестирања или успостављања хипотеза и ради приказивања познатог закона. Основна карактеристика експеримента је његова поновљивост. Значи да се понављајем експеримента под истим условима добија исти резултат, узимајући у обзир тачност са којом се мерење изводи. Мерење је утврђивање вредности физичких величина.

Морамо напоменути да није сваки експеримент истовремено научни експеримент који подразумева трагање за научним истинама, чији резултати доприносе развоју науке и технике.

Експеримент може подразумевати и иницирање неке физичке појаве у лабораторијским условима а да резултат није ново сазнање у физици као науци, него једна од мноштва потврда о установљеном закону по којем се нека природна појава јавља. Такав експеримент се назива лабораторским огледом, тј. лабораторијском вежбом.

Вежба 1:

Одређивање сталног убрзања

Задатак

Одређивање убрзања равномерно променљивог праволинијског кретања тела, мерењем пређеног пута и времена.

Прибор

- летва са жлебом (дужине око 1,5 m) (а)
- сталак (б)
- хронометар (штоперица) са најмањом тачношћу од 0,2 s (в)
- куглица (г)
- метарска трака (са тачношћу од 0,5 mm) (д)
- граничник са стегом (ђ)



(а)



(б)



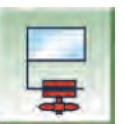
(в)



(г)



(д)



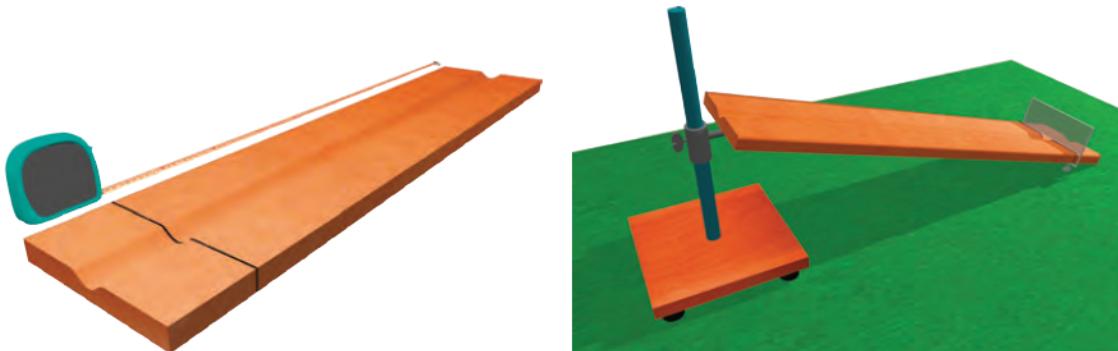
(ђ)

Напомена: Када говоримо о тачности неког мерног инструмента као на пример мерне траке, кажемо да је тачност очитавања скале половине најмањег подељка. Према томе, ако је подела мерне траке милиметарска, онда је половина најмањег подељка 0,5 mm.

Упутство

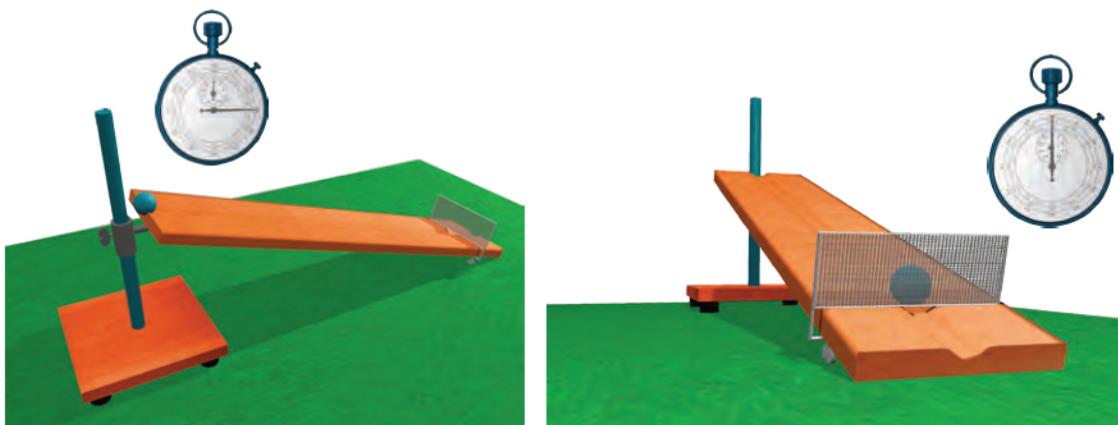
Од почетка жлеба на ужлебљеној летви одмерити дужину од 1 m помоћу метарске траке. На то место поставити граничник, а потом унети у табелу бројну вредност растојања од почетка жлеба до граничника, што уједно представља и дужину пређеног пута куглице.

Овако припремљену ужлебљену летву поставити косо у односу на хоризонталну раван, помоћу сталка, пазећи да угао нагиба буде што мањи (слика 1).



слика 1

Потом поставити куглицу у горњи почетни положај и истовремено пустити куглицу да се креће и укључити штоперицу (хронометар) (слика 2). У тренутку кад куглица додирне граничник искључити штоперицу (слика 3).



слика 2

слика 3

Овако измерено време је време за које куглица пређе пут s . Овај податак, заједно са пређеним путем, унети у табелу.

Користећи се познатом формулом за одређивање убрзања, уколико су познати пређени пут s и време t израчунати убрзање a :

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

Мерење поновити неколико пута.

Рачунски добијене резултате унети у табелу 1.

Израда

Табела 1

Ред. бр. мерења	Пут s [m]	Време t [s]	Квадрат измерене вредности t^2 [s^2]
1.			
2.			
3.			

Закључак

Вежба 2:

Други Њутнов закон

Задатак

Експериментално потврђивање другог Њутновог закона за транслаторно кретање тела.

Прибор

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



Упутство

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

На хоризонталну подлогу поставити ужлебљену летву. Потом на њен десни крај причврстити граничник и ужлебљени котур. Повезати концем један крај динамометра, окочити тас и конац пребацити преко котура. Други крај динамометра везати за колица (слика 4).



слика 4

Прво је потребно, 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 кад 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 која се мери динамометром и сile 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 1.

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 2.

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.

Добијене резултате унети у табелу 2.

Израда

Табела 2

Ред. бр. мерења	сила која делује на колица F [N]	пут s [m]	време t [s]	убрзање колица a [$\frac{m}{s^2}$]
1.				
2.				
3.				

2. ДЕО

ЗАВИСНОСТ УБРЗАЊА ОД МАСЕ ТЕЛА ПРИ СТАЛНОМ ИНТЕНЗИТЕТУ СИЛЕ

Узмите 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 случајева измерити силу трења поступком као и раније. Након тога извести редослед мерења као и у првом делу вежбе.

Израда

Табела 3

Ред. бр. мерења	маса колица са теговима m [kg]	пут s [m]	време t [s]	убрзање колица a [$\frac{m}{s^2}$]
1.				
2.				
3.				

Закључци

Вежба 3:

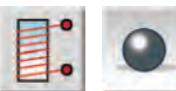
Одређивање убрзања слободног падања

Задатак

Одредити убрзање слободног пада тела.

Прибор

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



(а)

(б)

(в)

(г)

(д)

(ђ)

(е)

(ж)



слика 5

Упутство

Пошто је повезана апаратура као на слици 5, носаче на стативу поставити 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. Како се на горњем и доњем носачу налази извор светlostи и наспрам њега fotoћелија, у моменту проласка куглице између њих иста заклони светлосни извор и fotoћелије региструју пролаз куглице. При пресецању светлосног спона на горњем носачу fotoћелије укључује се електронски мерач времена, а при пресецању спона доњег носача се зауставља мерење времена на електронском мерачу времена (t). За то време куглица је прешла претходно одређен пут (s) између та два носача.

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

На секундометру се прочита време трајања слободног пада куглице (t). Резултате унети у табелу 4.

Израда

Табела 4

Ред. бр. мерења	пут s [m]	време t [s]	убрзање g [$\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$]
1.			
2.			
3.			

Закључак

Вежба 4:

Одређивање коефицијента трења клизања

Задатак

Потребно је измерити интензитет сile трења клизања користећи динамометар и одредити коефицијент трења клизања.

Прибор

- равне хоризонталне подлоге дужине 1 m начињене од различитих материјала
- динамометар (а)
- тело у облику паралелопипеда (б)
- теразије (в)



(а) (б) (в)

Упутство

На теразијама се измери маса паралелопипеда m .

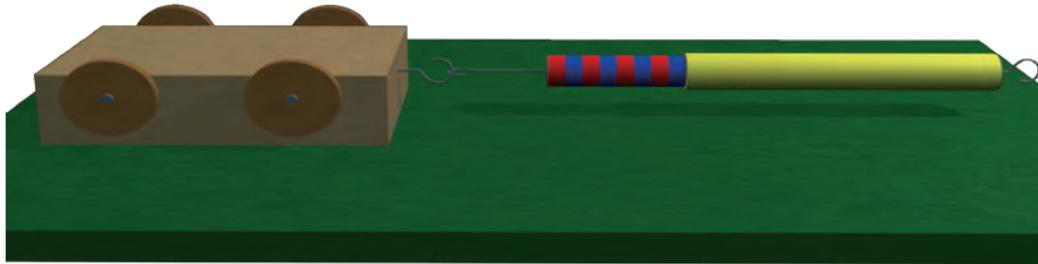
На равну хоризонталну подлогу постави се паралелопипед. Веже се динамометар за паралелопипед. Лагано, дуж осе подлоге и паралелно са њом повлачи се динамометар док се паралелопипед не покрене. Док се паралелопипед полако и равномерно креће по подлози, очита се интензитет сile вуче на динамометру и забележи резултат у табелу.

Интензитет сile вуче је једнак интензитету сile трења.

Коефицијент трења одређује се по формулама: $\mu = \frac{F_{\text{tr}}}{mg}$.

Понови се мерење мењајући подлогу.

Добијени резултати се унесу у табелу 5.



слика 6

Израда

Табела 5

Подлога	интензитет сile трења F_{tr} [N]	кофицијент трења μ
1		
2		
3		

Закључак

Вежба 5:

Одређивање густине чврстог тела применом Архимедовог закона

Задатак

Помоћу динамометра потребно је измерити тежину тела у води, измерити запремину тела помоћу мензуре и одредити густину тела применом Архимедовог закона.

Прибор

- тела начињена од различитих материјала, која тону у води (а)
- динамометар (б)
- мензура са водом (в)



(а)



(б)



(в)

Упутство

Окачи се тело о динамометар. Потопи се тело у мензуру са водом водећи рачуна да се течност не просипа. Очита се запремина телом потиснуте течности са скале мензуре (V). Очита се показивање динамометра, тј. тежина тела у води Q .

Одреди се густина тела, користећи Архимедов закон, по формулама:

$$\rho = \frac{Q}{Vg} + \rho_0,$$

где је $\rho_0 = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ густина воде.

Мерење се понови са другим телима.

Добијени резултати се унесу у табелу 6.



слика 7

Израда

Табела 6

Тело	тежина тела у води Q [N]	запремина тела V [m^3]	густина тела ρ $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$
1			
2			
3			

Закључак

Вежба 6:

Одређивање рада сile под чијим дејством се тело креће по различитим подлогама

Потребно је измерити помоћу динамометра силу вуче која делује на тело које крећући се равномерно праволинијски прелази одређени пут и одредити рад који изврши сила.

Прибор

- равне хоризонталне подлоге дужине 1 м начињене од различитих материјала (а)
- тело у облику паралелопипеда (б)
- метарска трака (в)
- динамометар (г)



(а) (б) (в) (г)

Упутство

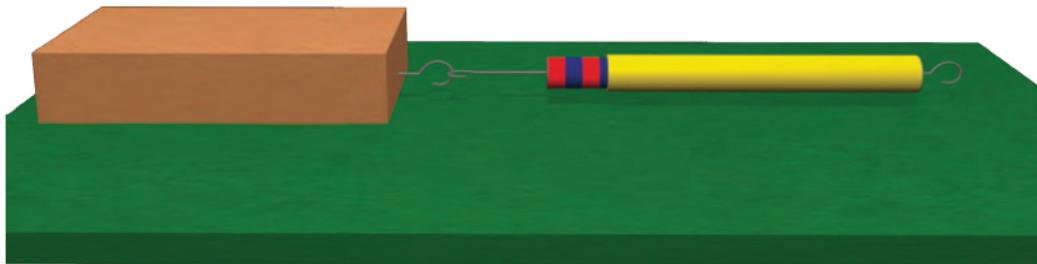
На почетак равне хоризонталне подлоге постави се паралелопипед. Веже се динамометар за паралелопипед. Обележи се маркером на подлози два положаја А и В, тако да се положај А налази на неколико центиметара испред предњег краја паралелопипеда, а положај В на супротном крају подлоге. Измери се метарском траком растојање између положаја А и В (s). Лагано, дуж осе подлоге и паралелно са њом повлачи се динамометар док се паралелопипед не покрене. Док се паралелопипед полако и равномерно креће по подлози, очита се интензитет сile вуче на динамометру (F) и забележи резултат у табелу.

Тело се повлачи све док његов предњи крај не стигне до положаја В. Потребно је израчунати рад силе по формулама:

$$A = Fs.$$

Мерење се понови мењајући подлогу.

Добијени резултати се унесу у табелу 7.



слика 8

Израда

Табела 7

Подлога	сила вуче F [N]	пређени пут s [m]	рад силе вуче A [J]
1			
2			
3			

Закључак

Вежба 7:

Провера закона одржања механичке енергије помоћу колица

Задатак

Потребно је проверити закон одржања механичке енергије којим се показује да је смањење потенцијалне енергије тела (тега) које се спушта у пољу Земљине теже једнако увећању кинетичке енергије тела (колица).

Прибор

- колица (а)
- тег с концем (б)
- хронометар (штоперица) (в)
- метарска трака (г)
- столица (д)



(а) (б) (в) (г) (д)

Упутство

У вежби се користе колица која се котрљају по подлози тако да се рад сile трења може занемарити. Проверава се релација:

$$E_M = \text{const},$$

где је E_M механичка енергија система.



слика 9

Колица, која су концем предаченим преко котура везана са тегом, налазе се на радном столу, као што је приказано на слици 9. Пре извођења вежбе неопходно је помоћу либеле проверити да ли је сто хоризонталан. Испод тега постави се столица. Након тренутка пада тега на столицу, колица настављају да се крећу равномерно праволинијски.

За нулти ниво потенцијалне енергије узима се да буде раван столице на коју пада тег. У почетном тренутку, непосредно пре ослобађања тега брзине колица и тега су: $v_k = v_t = 0$, а потенцијалне енергије колица и тега су $m_k gH$ и $m_t gh$. Укупна енергија тега и колица је:

$$E_1 = m_k gH + m_t gh.$$

Непосредно пре заустављања тега, колица и тег имају једнаке брзине v . У тренутку удара потенцијална енергија тега једнака је нули, док је потенцијална енергија колица $m_k gH$. Укупна енергија система колица–тег износи:

$$E_2 = \frac{m_k v^2}{2} + \frac{m_t v^2}{2} + m_k gH.$$

На основу закона одржања енергије важи:

$$E_1 = E_2.$$

Провера претходне релације представља задатак вежбе.

Брзина колица мери се тако што се у тренутку пада тега укључи хронометар и мери време за које колица пређу познати пут s . Брзина 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, тј. одреди се висина H на којој се налазе колица (слика 9). У току извођења вежбе неколико пута се мења висина h на којој се налази тег и мере се одговарајуће брзине колица v .

Резултати мерења унесу се у табелу 8.

Израда

Табела 8

Редни број мерења	висина тега $h[\text{m}]$	брзина колица $v \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$	енергија система у почетном тренутку $E_1[\text{J}]$	енергија система у крајњем тренутку $E_2[\text{J}]$	$(E_1 - E_2)$ [J]
1.					
2.					
3.					

Закључак

Вежба 8:

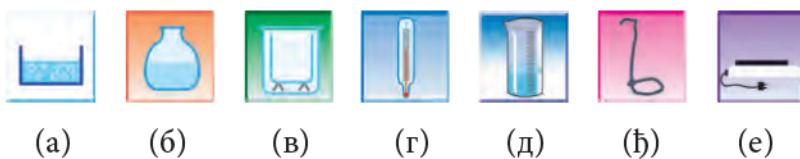
Одређивање специфичне топлотне капацитивности

Задатак

Одредити специфичну топлотну капацитивност течности мерењем њене масе, потом масе воде, њихових температура и температуре мешавине течности и воде.

Прибор

- посуда са водом (а)
- посуда са испитиваном течношћу (б)
- калориметар (в), слика 10
- термометар (г)
- мензура (д)
- мешалица за течност (пластична или стаклена) (ђ)
- извор топлоте (е)



Упутство

Први корак у извођењу ове вежбе је одређивање масе воде помоћу мензура. Усuti воду у мензуру до жељене запремине и знајући густину воде израчунати њену масу (m_v). Исти поступак поновити и при одређивању масе течности (m_t) чија се специфична топлотна капацитивност мери. При томе водити рачуна да запремина течности буде приближна запремини воде (слика 11).

слика 10



Воду сипати у калориметарски суд и измерити њену температуру (t_v), потом загрејати течност и измерити термометром њену температуру (t_T) (слика 12). Течност усуга у калориметарски суд и промешати са водом, а мешалицом за течност мешати до изједначења температуре. Када дође до изједначавања температуре, односно успостављања топлотне равнотеже, измерити температуру мешавине (t_m) (слика 12). С обзиром на то да је дата течност имала вишу температуру, предавала је енергију води, чиме се њена унутрашња енергија смањивала а унутрашња енергија воде повећавала и то до њиховог изједначења ($Q_v = Q_T$).

Специфична топлота течности (c_T) се добија из следеће релације рачунским путем

ако је позната специфична топлота воде ($c_v = 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$):

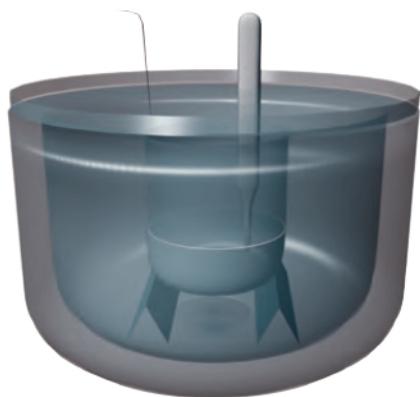
$$m_v c_v (t_m - t_v) = m_T c_T (t_T - t_m).$$

односно из релације:

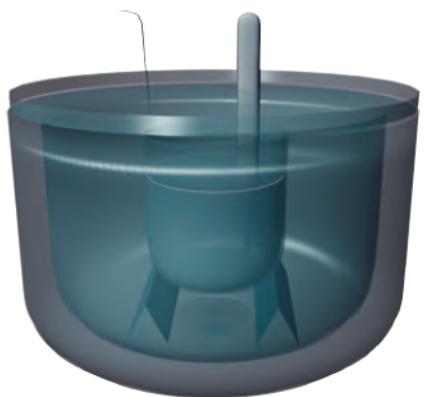
$$c_T = \frac{m_v c_v (t_m - t_v)}{m_T (t_T - t_m)}.$$



слика 11



слика 12



Израда

Добијене податке унети у табелу 9.

Табела 9

Редни број мерења	маса воде m_V [kg]	маса течности m_T [kg]	температура течности t_T [K]
1.			
2.			
3.			

Закључак



ПРИЛОЗИ



Неке физичке константе

1. Брзина светlostи у вакууму: $c_0 = 300\ 000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$

2. Брзина звука у ваздуху: $c_{\text{VA}} = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Брзина звука у води: $c_{\text{vo}} = 1460 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

3. Гравитациона константа: $\gamma = 6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$

4. Убрзање Земљине теже: $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

5. Нормалан атмосферски притисак:

$$p_a = 101\ 396 \text{ Pa}$$

$$\text{Pa} \approx 1004 \text{ mbar}$$

Основне физичке величине и њихове јединице

Величина	ознака	јединица	ознаке
Дужина	l	метар	m
Маса	m	килограм	kg
Време	t	секунда	s
Јачина електричне струје	I	ампер	A
Температура	T	келвин	K
Јачина светlostи	J	кандела	cd
Количина супстанције	n	мол	mol

Изведене физичке величине
које се користе у Збирци

Величина	ознака	јединица	ознаке
Површина	S	метар квадратни	m^2
		ар	ар
Запремина	V	кубни метар	m^3
		литар	ℓ
Пређени пут	s	метар	m
Брзина	$v; c$	метар у секунди	m/s
		километар на час	km/h
Убрзање	a	метар у секунди на квадрат	$\frac{m}{s^2}$
Период	T	секунда, минут, час,...	$s; min; h, \dots$
Фреквенција	ν	херц	Hz
Таласна дужина	λ	метар	m
Густина	ρ	килограм по кубном метру	kg/m^3
Сила; тежина	$F; Q$	њутн	N
Притисак	p	паскал бар	Pa bar
Момент силе	M	њутн-метар	Nm
Енергија, рад; количина топлоте	$E; A$ Q	џул	J
Снага	P	Ват	W
Специфична топлотна капацитивност	c	џул по килограму и келвину	$\frac{J}{kgK}$
Специфична количина топлоте испаравања / топљења	$\lambda; q$	џул по килограму	$\frac{J}{kg}$

Густина неких супстанција

Гасови (при нормалним условима)	$\rho \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$	Течности	$\rho \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$
Азот	1,25	Дестилована вода Морска вода	1000 1025 – 1030
Амонијак	0,77	Глицерин	1260
Водоник	0,09	Алкохол	790
Кисеоник	1,43	Бензин	800 – 850
Угљен-диоксид	1,98	Крв	1050 – 1060
Ваздух	1,20 – 1,30	Жива	13 600
Метан	0,72	Уље	800 – 900

Чврста тела	$\rho \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$	Чврста тела	$\rho \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$
Дијамант	3500	Олово	11 400
Графит	1600	Гвожђе	7800
Лед	900 – 920	Бакар	8900
Плута; Дрво	200 – 250	Алуминијум	2700
Порцелан	2300	Платина	21 500
Натријум	970	Злато	19 300

Специфичне топлотне капацитивности и специфичне топлоте испаравања и топљења супстанција (под нормалним условима)

Супстанција	$c \left[\frac{\text{J}}{\text{kgK}} \right]$	$q \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$	$\lambda \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$
Вода	4180 – 4200	2250	–
Лед	2090	–	340
Глицерин	2420	–	66
Стакло	835 – 840	–	–
Керамика	1090 – 1100	–	–
Алкохол	2 420	853	22
Жива	140	284	490
Алуминијум	880 – 900	–	–
Гвожђе	445 – 460	–	–
Бакар	385 – 395	–	–
Сребро	225 – 230	–	–
Олово	125 – 130	–	–

ЛИТЕРАТУРА

1. Јован П. Шетрајчић и Дарко В. Капор,
Физика за 7. разред основне школе,
Завод за уџбенике и наставна средства, Београд.
2. Милан О. Распоповић, Јован Шетрајчић, Бранислав Цветковић,
Драгољуб Пећанац, Драгољуб Мирјанић,
*Физика – збирка задатака са лабораторијским вежбама
за седми разред основне школе*,
Завод за уџбенике и наставна средства, Српско Сарајево, 2002.
3. Милан О. Распоповић, Ненад Головић, Бранислав Цветковић,
Задаци из физике за самостално вежбање и прроверу знања (тести)
за 7. разред основне школе,
Просветни преглед, Београд, 1999.
4. David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker,
Fundamentals of Physics,
John Wiley & Sons, New York, 1993.
5. James S. Walker,
Physics Today,
CJ Fallon, Dublin, 2000.
6. Наташа Чалуковић,
Физика 7,
Круг, Београд, 1998.
7. Милан О. Распоповић, Бранко Радивојевић, Јездимир Тошић,
*Збирка задатака из физике са лабораторијским вежбама
за 7. разред основне школе*,
Завод за уџбенике и наставна средства, Београд, 2001.
8. Јелена Саџак, Томислав Сенђански, Драгиша Марковић,
Збирка задатака из физике за VII и VIII разред основне школе,
Завод за издавање уџбеника СР Србије, Београд, 1969.
9. И. Јанић, Д. Мирјанић, Ј. Шетрајчић,
Основна физика и биофизика,
Матићграф, Бања Лука, 1993.
10. В. Паар,
Физика за 7. и 8. разред основне школе,
Школска књига, Загреб, 2006.

Др Бранислав Цветковић • др Милан О. Распоповић
др Јован П. Шетрајчић

ФИЗИКА
Збирка задатака са лабораторијским вежбама
за 7. разред основне школе

Прво издање, 2020. године

Издавач
ЗАВОД ЗА УЦБЕНИКЕ, БЕОГРАД
Обилићев венац 5
www.zavod.co.rs

Ликовни уредник
Биљана Савић

Илустрације
Зоран Пешкан
Владимир Мојсиловић
Игор Милентијевић

Графички уредник
Мирослав Радић

Лекцијор
Мирјана Милошевић

Коректор
Маријана Васић Стјепановић

Дизајн
Лазо Сатмари

Формат: 20,5 × 26,5 см
Обим: 14½ штампарских табака
Тираж: 4.000 примерака

Рукопис предат у штампу јула 2020. године.
Штампање завршено јула 2020. године.

Штампа
ПЛАНЕТА ПРИНТ, Београд