



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА  
ШКОЛСКЕ 2016/2017.ГОДИНЕ

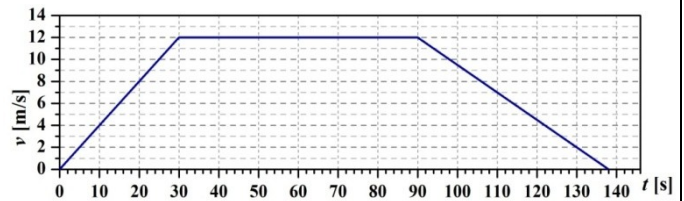


ПРАЗРЕД

Друштво физичара Србије  
Министарство просвете и науке Републике Србије  
ЗАДАЦИ-фермионска категорија

ОПШТИНСКИ НИВО  
22.01.2017.

1. На дијаграму  $v(t)$  (слика 1.) је приказано кретање воза из станице А ка станици Б, у којој се зауставља након 138 s од почетка кретања. Нацртати график зависности убрзања од времена [5п]. Одредити удаљеност између станица и средњу брзину кретања воза [15п]. Воз се све време креће праволинијски.



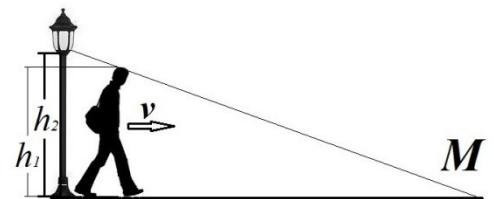
Слика 1.

2. Возећи праволинијски константном брзином интензитета  $v_1 = 19 \text{ m/s}$ , по путу где је ограничење брзине  $v = 40 \text{ km/h}$ , таксиста примети полицијски аутомобил који се у том тренутку налази  $d = 32 \text{ m}$  испред њега. Чим је уочио полицијски аутомобил таксиста почне да кочи успорењем интензитета  $a = 1 \text{ m/s}^2$ . Полицијско возило се креће равномерно брзином  $v_2 = 11 \text{ m/s}$  у истом правцу и смеру као и аутомобил којим управља таксиста. Претпоставимо да ће таксиста платити казну у случају да престигне полицијски аутомобил. Да ли ће при наведеним условима из задатка таксиста платити казну? [20п]

3. Покретне степенице, чији правац заклапа угао  $\alpha = 30^\circ$  са хоризонталом, имају  $n_0 = 30$  степеника и крећу се брзином  $v = 0,5 \text{ m/s}$ . Висина једног степеника је  $h = 0,2 \text{ m}$ . Када би степенице мировале човеку би требало  $\tau = 15 \text{ s}$  да се попне са дна на врх степеница. Колико времена је потребно човеку да се попне уз степенице док се оне крећу и преко колико степеника том приликом човек мора да пређе? [20п]

4. Аутомобил почиње кретање из мировања и креће се неко време константним убрзањем  $a$ . Затим се део пута креће равномерно, а потом кочи до заустављања успорењем интензитета  $a$ . Средња брзина аутомобила на целом путу је  $v_{sr}$ . Ако је укупно време кретања аутомобила  $t$  колико дуго се аутомобил кретао равномерно? Подразумевати да су  $t$ ,  $a$  и  $v_{sr}$  познате бројне вредности. Аутомобил се све време креће праволинијски. [20п]

5. Човек висине  $h_1$  се удаљава од светиљке која се налази на висини  $h_2$ , крећући се равномерно праволинијски брзином  $v$  као на слици 2. Колика је брзина врха његове сенке  $M$ ? Узети да се у почетном тренутку човек налази непосредно испод светиљке и да се висина човека током кретања не мења. [20п]



Слика 2.

Задатке припремили: др Петар Мали, ПМФ, Нови Сад, Светислав Мијатовић, Физички факултет, Београд, Зоран П. Поповић, Физички факултет, Београд

Рецензент: Зоран П. Поповић, Физички факултет, Београд

Председник Комисије за такмичење за средње школе: Доц. др Божидар Николић, Физички факултет, Београд



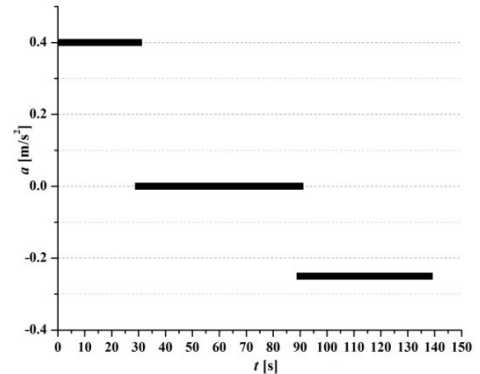
ИЗРАЗРЕД

Друштво физичара Србије  
Министарство просвете и науке Републике Србије  
РЕШЕЊА ЗАДАТАКА-фермионска категорија

ОПШТИНСКИ НИВО  
22.01.2017.

**P1.** Првих 30 s воз убрзава убрзањем  $0 \leq t < 30s, a_1 = \frac{12-0}{30} \frac{m}{s^2} = 0,4 \frac{m}{s^2}$ , [1п] а потом се креће константном брзином  $30s \leq t < 90s, v_2 = 12 \frac{m}{s} = const, a_2 = 0$  [1п],  $90s \leq t < 138s$ , док последњих 48 s кретања воз успорава са  $a_3 = \frac{0-12}{48} \frac{m}{s^2} = -0,25 \frac{m}{s^2}$  [1п]. График (слика P1.) носи [2п].

Пређени пут током убрзавања је  $s_1 = \frac{a_1 t^2}{2} = 180 m$ , [4п] а током равномерног праволинијског кретања  $s_2 = v_2(90s - 30s) = 720m$  [4п]. Током успоравања воз пређе  $s_3 = v_2 t_3 - \frac{a_3 t_3^2}{2} = 288m$ , где је  $t_3 = 138 - 90 = 48s$  време успоравања. Пређени пут на трећој деоници може бити израчунат и као  $s_3 = \frac{v_2^2}{2a_3} = 288m$  [4п]. Укупна дужина пређеног пута од А



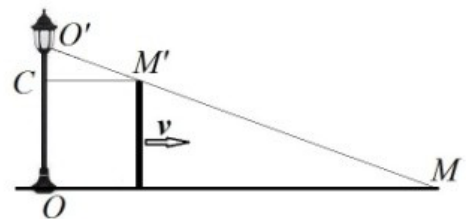
до Б је  $s = s_1 + s_2 + s_3 = 1188m$  [1п]. Ако је укупно време кретања воза  $t_{tot} = 138s$ , његова средња брзина је  $v_{sr} = \frac{s}{t_{tot}} = 8.61 \frac{m}{s}$  [2п]. Слика P1.

**P2.** Из  $v_1 - at = v_2$  [5п] налазимо време након ког ће аутомобили имати исте брзине. Добијамо да ће се брзине изједначити након 8s од почетка успоравања [3п]. Зато време таксиста пређе пут  $s_1 = v_1 t - \frac{at^2}{2} = 120m$  [2п], а полиција  $s_2 = v_2 t = 88m$  [2п]. Таксиста за  $t=8s$  пређе за  $\Delta s = 32 m$  [5п] дужи пут, а то је управо растојање за које је полицијски аутомобил био испред на почетку успоравања. Таксиста неће платити казну, он ће сустићи али не и претећи полицијски аутомобил [3п].

**P3.** Време потребно човеку да пређе преко једног степеника је  $t_0 = \frac{\tau}{n_0}$  [3п]. Уколико са  $t$  обележимо време пењања човека док се степенице крећу, тада мора да важи да је  $h(n_0 - n) = \frac{v}{2} t$ , где је  $n$  број степеника преко којих човек закорачи у овом случају. Ова формула нам говори да се за време  $t$  попело  $(n_0 - n)$  степеника висине  $h$  брзином  $\frac{v}{2}$  (јер посматрамо само вертикалну компоненту брзине) [7п]. Даље, мора да важи да је  $n = \frac{t}{t_0}$  [2п], па комбиновањем ових једначина добијамо да је  $t = \frac{h n_0}{\frac{h}{t_0} + \frac{v}{2}}$  [3п], односно  $t = 9,23s$  [2п]. Одмах се види и да је  $n = [18,46] = 18$  степеника [3п].

**P4.** На првом делу пута аутомобил убрзава из мировања  $v_0 = 0$  и достиже брзину  $v = at'$ . Затим се време  $t_2$  креће том истом брзином, а потом време  $t''$  успорава до заустављања. Успоравање је према интензитету исто као и убрзање па је време трајања прве и треће деонице пута исто тј.  $t' = t''$  [2п]. Ако је укупно време кретања аутомобила  $t$ , онда је време које се аутомобил креће равномерно  $t - 2t'$  [2п]. Средња брзина на целом путу се добија из  $v_{sr} = \frac{s}{t}$  [2п] где је  $s$  укупни пређени пут, а  $t$  време кретања. Укупан пређени пут аутомобила је  $s = \frac{at'^2}{2} + v(t - 2t') + vt' - \frac{at'^2}{2} = v(t - 2t') + vt' = v(t - t') = at'(t - t') = a \frac{t-t_2}{2} \frac{t+t_2}{2}$  [6п]. Одатле је  $v_{sr} t = a \frac{t-t_2}{2} \frac{t+t_2}{2}$  [2п] па је  $v_{sr} t = a \frac{t^2 - t_2^2}{4}$  [4п], односно  $t_2 = t \sqrt{1 - \frac{4v_{sr} t}{at}}$  [2п].

**P5.** Из сличности (слика P5.) троуглова  $\triangle OMO' \sim \triangle CM'O'$  [2п] следи однос страница  $\overline{OM} : h_2 = \overline{CM'} : (h_2 - h_1)$  [3п] одакле се налази  $\overline{OM} = \frac{h_2 \overline{CM'}}{h_2 - h_1}$  [1п]. Ако се положај човека промени за  $\overline{CM'}$  током времена  $\Delta t$ , промена положаја врха сенке биће  $\Delta \overline{OM} = \frac{h_2 \Delta \overline{CM'}}{h_2 - h_1}$  [5п]. Дељењем са  $\Delta t$  добије се  $\frac{\Delta \overline{OM}}{\Delta t} = \frac{h_2 \frac{\Delta \overline{CM'}}{\Delta t}}{h_2 - h_1}$  [2п]. Брзина човека је  $\frac{\Delta \overline{CM'}}{\Delta t} = v$  [5п], па се брзина врха сенке добије као  $v_M = \frac{h_2 v}{h_2 - h_1}$  [2п].



Слика P5.



ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ УЧЕНИКА СРЕДЊИХ ШКОЛА  
ШКОЛСКЕ 2016/2017.ГОДИНЕ



ГРАЗРЕД

Друштво физичара Србије  
Министарство просвете и науке Републике Србије  
ЗАДАЦИ-бозонска категорија

ОПШТИНСКИ НИВО  
22.01.2017.

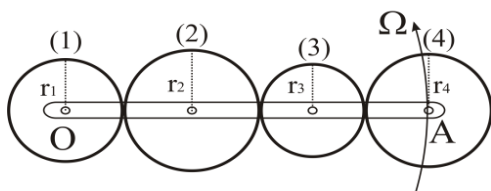
1. Аутомобил почиње кретање из мировања и креће се неко време константним убрзањем  $a$ . Затим се део пута креће равномерно, а потом кочи до заустављања успорењем интензитета  $a$ . Средња брзина аутомобила на целом путу је  $v_{sr}$ . Ако је укупно време кретања аутомобила  $t$  колико дуго се аутомобил кретао равномерно? Подразумевати да су  $t$ ,  $a$  и  $v_{sr}$  познате бројне вредности. Аутомобил се све време креће праволинијски. [20п]

2. Покретне степенице, чији правац заклапа угао  $\alpha = 30^\circ$  са хоризонталом, имају  $n_0 = 30$  степеника и крећу се брзином  $v = 0,5m/s$ . Висина једног степеника је  $h = 0,2m$ . Када би степенице мировале човеку би требало  $\tau = 15s$  да се попне са дна на врх степеница. Колико времена је потребно човеку да се попне уз степенице док се оне крећу и преко колико степеника том приликом човек мора да пређе? [20п]

3. Два тела занемарљивих димензија полазе истовремено једно другом у сусрет по правој линији из двеју тачака које су међусобно удаљене  $d = 200m$ . Прве 3 s од почетка кретања ( $t_0 = 0$ ) зависност пређеног пута од времена за прво тело је  $s_1(t) = At - Bt^3$ , а за друго  $s_2(t) = At + Bt^3$ . Тела потом настављају да се крећу равномерно, брзинама које су до тог тренутка постигли. Одредити релативну брзину једног тела у односу на друго у тренутку сусрета. Константе из задатка су  $A = 50m/s$ ,  $B = 1m/s^3$ . [20п]

4. Воз се креће равномерно праволинијски брзином  $v = 30m/s$ . У једном од купеа се налази путник који гледа кроз прозор купеа. Ширина тог прозора је  $l = 1m$ . Поред пруге се налазе бандере на растојању  $D = 20m$  од воза. Путник се у односу на воз креће равномерном брзином  $v_1$  ка средини прозора дуж правца нормалног на његову раван. У тренутку када је путник на растојању  $d = 1m$  од прозора у његов видокруг улази бандера поред које пролази воз. Колика би требало да буде брзина  $v_1$  да би бандера била у видокругу дупло дуже времена него када би путник све време стајао на датом растојању  $d$  од прозора? Занемарити ширину бандере и димензије путника. [20п]

5. Укруг око центра  $O$  непокретног точка (1) радијуса  $r_1$ , у равни ротира прав носач  $OA$  угаоном брзином  $\Omega$ . На носачу су редом везани точкови (2), (3) и (4) као на слици 1. и могу да ротирају око својих центара везаних за носач. Точкови (1) и (2), (2) и (3), (3) и (4) су међусобно у контакту и током ротације нема проклизавања између њих. Наћи угаону брзину точка (4), радијуса  $r_4$ , у односу на носач. [20п]



Слика 1.

Задатке припремили: др Петар Мали, ПМФ, Нови Сад, Светислав Мијатовић, Физички факултет, Београд, Зоран П. Поповић, Физички факултет, Београд

Рецензент: Зоран П. Поповић, Физички факултет, Београд

Председник Комисије за такмичење за средње школе: Доц. др Божидар Николић, Физички факултет, Београд



ПРАЗРЕД

Друштво физичара Србије  
Министарство просвете и науке Републике Србије  
РЕШЕЊА ЗАДАТАКА-бозонска категорија

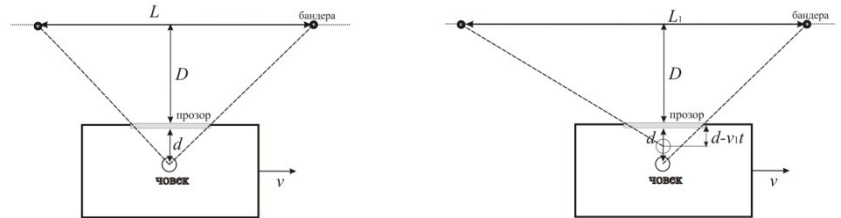
ОПШТИНСКИ НИВО  
22.01.2017.

**P1.** На првом делу пута аутомобил убрзава из мировања  $v_0 = 0$  и достиже брзину  $v = at'$ . Затим се време  $t_2$  креће том истом брзином, а потом време  $t''$  успорава до заустављања. Успоравање је према интензитету исто као и убрзање па је време трајања прве и треће деонице пута исто тј.  $t' = t''$  [2п]. Ако је укупно време кретања аутомобила  $t$ , онда је време које се аутомобил креће равномерно  $t - 2t'$  [2п]. Средња брзина на целом путу се добија из  $v_{sr} = \frac{s}{t}$  [2п] где је  $s$  укупни пређени пут, а  $t$  време кретања. Укупан пређени пут аутомобила је  $s = \frac{at'^2}{2} + v(t - 2t') + vt' - \frac{at'^2}{2} = v(t - 2t') + vt' = v(t - t') = at'(t - t') = a \frac{t-t_2}{2} \frac{t+t_2}{2}$  [6п]. Одатле је  $v_{sr}t = a \frac{t-t_2}{2} \frac{t+t_2}{2}$  [2п] па је  $v_{sr}t = a \frac{t^2-t_2^2}{4}$  [4п], односно  $t_2 = t \sqrt{1 - \frac{4v_{sr}}{at}}$  [2п].

**P2.** Време потребно човеку да пређе преко једног степеника је  $t_0 = \frac{\tau}{n_0}$  [3п]. Уколико са  $t$  обележимо време пењања човека док се степенице крећу, тада мора да важи да је  $h(n_0 - n) = \frac{v}{2}t$ , где је  $n$  број степеника преко којих човек закорачи у овом случају. Ова формула нам говори да се за време  $t$  попело  $(n_0 - n)$  степеника висине  $h$  брзином  $\frac{v}{2}$  (јер посматрамо само вертикалну компоненту брзине) [7п]. Даље, мора да важи да је  $n = \frac{t}{t_0}$  [2п], па комбиновањем ових једначина добијамо да је  $t = \frac{hn_0}{\frac{h}{v} + \frac{v}{2}}$  [3п], односно  $t = 9,23s$  [2п]. Одмах се види и да је  $n = [18,46] = 18$  степеника [3п].

**P3.** У тренутку мимоилажења  $t'$  важи да је  $d = s_1(t') + s_2(t')$  [2п], а одатле је  $d = 2At'$  [2п]. Тренутак мимоилажења је  $t'=2s$ , што значи да ће се тела мимоићи за мање од  $3s$  [1п]. Пређени пут првог тела у кратком временском интервалу од тренутка  $t$  до  $t+\Delta t$  је дат са  $\Delta s_1 = A(t + \Delta t) - B(t + \Delta t)^3 - At + Bt^3 = A\Delta t - 3Bt^2\Delta t$  [2п]. Пошто је  $\Delta t$  кратак временски интервал виши степени  $\Delta t$  се занемарују [1п]. Одатле се добија брзина првог тела у тренутку  $t'=2s$  након почетка кретања као  $v_1 = \frac{\Delta s_1}{\Delta t} = A - 3Bt^2$  [2п]. Заменом бројних вредности добија се  $v_1 = 38m/s$  [1п]. Пређени пут другог тела у кратком временском интервалу од тренутка  $t$  до  $t+\Delta t$  је дат са  $\Delta s_2 = A(t + \Delta t) + B(t + \Delta t)^3 - At - Bt^3 = A\Delta t + 3Bt^2\Delta t$  [2п]. Пошто је  $\Delta t$  кратак временски интервал виши степени  $\Delta t$  се занемарују [1п]. Одатле се добија брзина првог тела у тренутку  $t'=2s$  након почетка кретања као  $v_2 = \frac{\Delta s_2}{\Delta t} = A + 3Bt^2$  [2п]. Заменом бројних вредности добија се  $v_2 = 62m/s$  [1п]. Релативна брзина једног тела у односу на друго у тренутку мимоилажења је  $v_r = v_1 + v_2$  [2п], што заменом бројних вредности даје  $v_r = 100m/s$  [1п]. Други начин: Брзина првог тела у функцији времена у прве  $3s$  кретања је  $v_1(t) = A - 3Bt^2$ , док је брзина другог тела  $v_2(t) = A + 3Bt^2$ . Што значи да је релативна брзина у сваком тренутку у прве  $3s$  кретања  $v_r(t) = 2A$ , а и након тога јер настављају да се крећу униформно. Тако да независно од тога у ком тренутку се тела мимоилазе релативна брзина једног тела у односу на друго је  $v_r = 2A = 100m/s$ . Ко ово уочи и образложи признати све поене.

**P4.** Са слике P4. се види да се растојање  $L$  током ког је бандера у видокругу човека док он мирује може добити из сличности троуглова као  $\frac{L}{L} = \frac{d}{d+D}$  [5п]. Тада је време за које човек може да види бандеру једнако  $\tau = \frac{L}{v}$  [2п], односно,  $\tau = \frac{L(d+D)}{vd}$  [1п], одакле се након замене бројних вредности добије  $\tau = 0,7s$  [1п]. Ако се човек све време креће константном брзином  $v_1$  у односу на воз ка средини прозора онда ће му бандера бити дуже у видокругу. Време током ког је он тада у стању да види бандеру је тражено да буде  $t = 2\tau = 1,4s$  [1п], а за то исто време се човек померио ка прозору воза за растојање  $2v_1\tau$



[2п]. Опет из сличности троуглова налазимо да је  $\frac{L_1 - \frac{L}{2}}{\frac{L}{2}} = \frac{D + d - 2v_1\tau}{d - v_1\tau}$  [5п], где уз  $L_1 = 2v\tau$  [1п] добијамо да је  $v_1 = \frac{vd^2}{L(2d+3D)}$  [1п], а након замене бројних вредности добије се  $v_1 = 0,48m/s$  [1п].

**P5.** У односу на носач чочак (1) ротира угаоном брзином  $-\Omega$  [5п]. Такође у односу на носач, тачке на ободу круга (1) се крећу брзином интензитета  $v = \Omega r_1$  [5п]. Из услова да нема проклизавања између чочкова, ово је уједно интензитет брзина тачака на ободима свих чочкова у односу на носач [5п]. Одавде се у односу на носач налазе угаоне брзине чочкова  $\omega_2 = \frac{v}{r_2} = \frac{\Omega r_1}{r_2}$ ,  $\omega_3 = -\frac{v}{r_3} = -\frac{\Omega r_1}{r_3}$ ,  $\omega_4 = \frac{v}{r_4} = \frac{\Omega r_1}{r_4}$  [5п].