

ДЫФЕРЭНЦЫЯЦЫЯ НАВУЧАННЯ ВУЧНЯЎ РАШЭННЮ ЗАДАЧ ПА ФІЗІЦЫ

В. М. КРОТАЎ,

дацэнт кафедры агульнай фізікі Магілёўскага педагагічнага інстытута імя А. А. Куляшова, кандыдат педагагічных навук.

Вучні сярэдніх агульнаадукацыйных школ пры вывучэнні фізікі засвойваюць асноўныя структурныя элементы фізічных ведаў. Засвоіць фізічныя веды — гэта значыць запомніць азначэнні фізічных паняццяў, фармулёўкі законаў, асноўныя палажэнні тэорый, зразумець механізм фізічных з'яў і працэсаў, неабходнасць увядзення фізічных велічынь, прынцып дзеяння вымяральных прыбораў і тэхнічных прылад, межы прымянення законаў і тэорый, структуру і вывады тэорый, навучыцца прымяняць законы і тэорыі для рашэння задач.

Рашэнне задач — адзін з важнейшых і неабходных этапаў вывучэння фізікі. Таму яму трэба ўдзяляць значную ўвагу. Але рашэнне задач — вельмі складаная дзейнасць, пры арганізацыі якой неабходна ўлічваць індывідуальныя асаблівасці вучняў: скорасць працякання мысліцельных аперацый, развіццё памяці, узровень сфарміравання ўмення рашаць задачы.

На паспяховасць навучання вучняў рашэнню задач уплывае веданне імі канчатковага выніку дзейнасці, тыпу задач, якія трэба навучыцца рашаць, прыкладнага зместу кантрольных работ.

Метадычная сістэма настаўніка павінна прадугледжваць рэгулярны кантроль ўменняў вучняў самастойна рашаць задачы, магчымасць шырокага выбару задач для рашэння.

Вучні ўсвядомлена будуць рашаць задачы ў тым выпадку, калі яны авалодаюць адпаведнай тэхналогіяй. Для гэтага іх неабходна знаёміць з тэорыяй задач па фізіцы як на спецыяльных, так і на кожным з урокаў, прысвечаных рашэнню задач.

Прапануем наступны змест тэарэтычнай падрыхтоўкі вучняў.

1. ШТО ТАКОЕ ЗАДАЧА?

Тэрмін «задача» вельмі шырока выкарыстоўваецца ў жыцці. Ім абазначаюцца шматлікія і вельмі розныя рэчы.

Псіхолагі разглядаюць задачу як некаторую сітуацыю, у якой павінен дзейнічаць чалавек. Тыповым з'яўляецца выказванне Я. А. Панамарова: «...задача ёсць сітуацыя, якая вызначае дзеянні суб'екта па задавальненню патрэбнасці шляхам змянення сітуацыі».

Распаўсюджаным з'яўляецца разуменне задачы як сітуацыі (праблемнай сітуацыі), у якой чалавек для дасягнення пастаўленай перад ім мэты павінен высветліць невядомае на падставе яго сувязі з вядомым, сітуацыі з незапоўненымі

месцамі, якія павінны быць запоўнены для таго, каб мэта была дасягнута.

Што такое праблемная сітуацыя, як яна ўзнікае? Праблемная сітуацыя ўзнікае ў чалавека, які ў сваёй дзейнасці сустракае цяжкасці, перашкоду. Так, напрыклад, калі для задавальнення пэўнай патрэбы чалавеку недастаткова тых ведаў пра аб'ект, якімі ён валодае, то ён аказваецца ў праблемнай сітуацыі. Перашкода можа быць самай рознай: недахоп ці неадпаведнасць ведаў, сродкаў і спосабаў іх прымянення, неабходнасць правесці якія-небудзь невядомыя дзеянні для дасягнення мэты. Акрамя таго, суб'ект (чалавек) павінен заўважыць, усвядоміць і пажадаць пераадолець гэту перашкоду.

Сутыкнуўшыся з праблемай і ўсвядоміўшы яе, чалавек пачынае актыўную мысліцельную дзейнасць. Ён аналізуе сітуацыю, выяўляе ўсе яе састаўныя часткі, сувязі і судносіны паміж імі, характар і асаблівасць перашкоды. Вынік такога аналізу замацоўваецца ў мове. Атрыманае пры гэтым апісанне праблемнай сітуацыі на якой-небудзь мове і ёсць задача. Такім чынам, задачу можна разглядаць як мадэль праблемнай сітуацыі, выражаную з дапамогай натуральнай ці штучнай мовы.

Паняцце задачы, дадзенае псіхолагамі, з'яўляецца найбольш агульным. Яно ахоплівае розныя сітуацыі: жыццёвыя, навучальныя, навуковыя, сацыяльныя, эканамічныя. Нас цікавіць ужыванне тэрміна «задача» ў больш вузкім сэнсе, як пазнавальнай задачы, рашэнне якой прыводзіць вучняў да набывання ведаў і ўменняў. Пазнавальная задача характарызуецца прысутнасцю ў вучняў пэўнай мэты, улікам наяўных умоў і патрабаванняў, неабходных для рашэння задачы, прымяненнем адпаведных мэце і ўмовам спосабаў ці прыёмаў рашэння.

Паколькі далей пойдзе размова аб фізічных задачах, то неабходна выявіць характэрныя іх прыметы як віду пазнавальных задач. Існуе некалькі азначэнняў паняцця «фізічная задача». Але ў іх у якасці асноўнага вылучаецца тое, што праблемы вырашаюцца з дапамогай лагічных разважанняў, матэматычных дзеянняў і эксперыменту на падставе законаў і метадаў фізікі.

2. СТРУКТУРА ЗАДАЧ ПА ФІЗІЦЫ

У любой задачы, як вельмі складанай сістэме, можна выдзеліць дзве падсістэмы: задачную і рашаючую. Задачную падсістэму складаюць умова і патрабаванне. Ва ўмове апісваюцца фізічныя з'явы, сувязь паміж імі.

Вядома, што з'ява — гэта ўсякае змяненне, якое ўзнікае ў прыродзе. Яно можа адбывацца на якой-небудзь прычыне, напрыклад пры знешнім дзеянні на матэрыяльны аб'ект. Пад уздзеяннем разумеюць працэс, у выніку якога змяняецца стан матэрыяльных утварэнняў. Для кожнай з'явы можна ўказаць аб'екты (даследуемыя аб'екты), стан якіх змяняецца пры змяненні знешніх умоў. Стан жа аб'ектаў, умовы знешняга ўздзеяння колькасна апісваюцца фізічнымі велічынямі

(характерыстыкамі), сувязь паміж якімі ўстанаўліваецца законамi. Таму ў задачы выдзяляюць характарыстыкі:

- зыходнага стану аб'ектаў;
- умоў уздзеяння (прадметаў уздзеяння);
- канечнага стану аб'ектаў.

Невядомымі ў задачы могуць быць некаторыя з пералічаных характарыстык.

Разгледзім задачную падсістэму наступнай задачы.

Хлопчык масай 50 кг, скаціўшыся на санках з гары, праехаў па гарызантальнай дарозе да прыпынку шлях 20 м за 10 с. Якая сіла трэння дзейнічала на санкі? Які каэфіцыент трэння матэрыялу, з якога зроблены санкі, аб снег? Якая скорасць санак на пачатку руху па гарызантальнай дарозе?

Аб'ектам даследавання ў разглядаемай задачы з'яўляюцца санкі (з хлопчыкам), яго характарыстыкі — маса, скорасць, паскарэнне. Санкі ўзаемадзейнічаюць з Зямлёй, паверхняй снегу. Характарыстыкі гэтага ўздзеяння — сіла цяжару, сіла трэння.

Патрабаванне задачы — указанне мэты рашэння задачы, таго, што неабходна ўстанавіць у выніку рашэння задачы.

Рашаючая сістэма задачы ўключае метады, спосабы і сродкі яе рашэння.

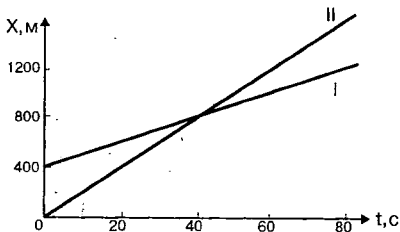
3. ВІДЫ ЗАДАЧ ПА ФІЗІЦЫ

Задачи можна класіфікаваць па розных прыметах. Па спосабу выражэння ўмовы адрозніваюць задачы тэкставыя, графічныя, задачы-рысункі, эксперыментальныя задачы. Тэкставай задачай з'яўляецца такая задача, асноўная частка ўмовы якой задаецца тэкстам. Яна можа суправаджацца рысункамі. Прывядзём прыклад такой задачы.

1. *Аўтамабіль праехаў першую палову шляху са скорасцю 10 м/с, а другую палову — са скорасцю 15 м/с. Знайсці сярэднюю скорасць аўтамабіля на працягу ўсяго шляху.*

Калі ўмова задачы задаецца з дапамогай рысункаў ці графікаў, то яе называюць задачай-рысункам (графічнай). Прыкладам такіх задач з'яўляюцца наступныя задачы.

2. *На рысунку 1 прыведзены графікі руху веласіпедыста (I) і матацыкліста (II) у сістэме адліку, звязанай з Зямлёй. Напісаць ураўненне руху веласіпедыста ў сістэме адліку, звязанай з матацыклістам, і пабудаваць графік яго руху ў гэтай сістэме.*



Рys. 1

3. Што пакажуць дынамометры (рыс. 2), калі верхні дынамометр апусціць так, каб груз аб'ёмам $0,2 \text{ дм}^3$ аказаўся поўнасьцю пагружаным у ваду, але не дакранаўся да дна сасуда?

Прывядзём прыклад эксперыментальнай задачы па спосабу задання ўмовы.

4. Скарыстоўваючы барометр, вылічыць сілу ціску атмасфернага паветра на ліст паперы з вучнёўскага сшытка.

Па характару і метадах даследавання пытаньняў вылучаюць якасныя і колькасныя задачы. Рапэне якасных задач прадугледжвае пабудову розумазаклучэньняў на падставе прымянення фізічных тэорый і законаў, без прымянення матэматычнага апарату. Да колькасных задач адносяць задачы, адказы на пытанні якіх не могуць быць знойдзены без выканання матэматычных пераўтварэньняў і вылічэньняў. Прыкладам гэтых тыпаў задач з'яўляюцца наступныя.

5. Маюцца дзве аднолькавыя сталёныя спіцы, з якіх адна намагнічана. Як даведацца, якая з іх намагнічана, не карыстаючыся нічым, акрамя спіц.

6. Пры прыгатаванні лёду ў хатнім халадзільніку патрабавалася 5 хвілін для таго, каб астудзіць ваду ад $4 \text{ да } 0 \text{ } ^\circ\text{C}$, і яшчэ 1 гадзіна 40 хвілін для таго, каб яна ператварылася ў лёд, тэмпература якога $0 \text{ } ^\circ\text{C}$. Чаму роўна ўдзельная цеплата плаўленьня лёду?

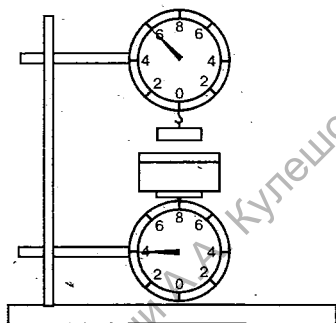
Па зместу задачы падраздзяляюць на абстрактныя і канкрэтныя, з гістарычным, тэхнічным ці міжпрадметным зместам. Абстрактныя задачы адрозніваюцца ад канкрэтных тым, што ва ўмове не ўказваюцца значэнні характарыстык аб'ектаў вывучэння і ўмоў уздзеяння (уздзеючых цел).

Вось прыклады ўказаных тыпаў.

7. Сталёную адліўку масай m падымаюць з вады пры дапамозе троса, жорсткасць якога роўна k , з паскарэннем a . Шчыльнасць сталі ρ_1 , шчыльнасць вады ρ_2 . На колькі падоўжыўся трос? Сілу супраціўлення вады не ўлічваць.

8. Колькі часу падала цела, калі за апошнія 2 с яно праходзіць шлях 60 м ?

9. Барабан цэнтрыфугі бытавой пральнай машыны мае радыус 10 см і варочаецца з частатой 2780 аб/мін . Якая вага бялізны масай 1 кг , закладзенай у барабан? Як яна накіравана?



Рыс. 2

10. Першая ў гісторыі чалавецтва касмічная станцыя, створаная ў выніку стыкоўкі караблёў «Саюз-4», «Саюз-5» 16 студзеня 1969 г., мела перыяд абарачэння 88,85 мін і сярэднюю вышыню над паверхняй Зямлі 230 км. Знайсці сярэднюю скорасць руху станцыі. Лічыць арбіту станцыі кругавой.

11. Якую скорасць набывае кальмар пасля аднаго скарачэння манцыйнай поласці, калі выкідаемая з яе вада са скорасцю 7,5 м/с складае 1/3 масы цела кальмара?

Зыходзячы з разгледжаных задач, можна прапанаваць табліцу, якая дае магчымасць вучню хутчэй знайсці іх рашэнне.

Нумар задачы	Прынцып класіфікацыі		
	Спосаб выражэння ўмовы	Метад даследавання пытанняў	Змест задачы
1	тэкставая	колькасная	канкрэтная
2	графічная	колькасная	канкрэтная
3	задача-рысунак	колькасная	канкрэтная
4	эксперыментальная	колькасная	канкрэтная
5	тэкставая	якасная	
6	тэкставая	колькасная	канкрэтная
7	тэкставая	колькасная	абстрактная
8	тэкставая	колькасная	канкрэтная
9	тэкставая	колькасная	канкрэтная з тэхнічным зместам
10	тэкставая	колькасная	канкрэтная з гістарычным зместам
11	тэкставая	колькасная	канкрэтная з міжпрадметным зместам

4. СПАСАБЫ І МЕТАДЫ РАШЭННЯ ЗАДАЧ

Для рашэння фізічных задач прымяняецца той ці іншы апарат, у якасці якога могуць быць выкарыстаны лагічныя разважанні, фізічны эксперымент, розны матэматычны апарат. Таму выдзяляюць лагічны, матэматычны і эксперыментальны спосабы рашэння задач.

Будуючы толькі ланцуг лагічных разважанняў, можна рашаць якасныя задачы. Пры рашэнні колькасных задач разам з гэтым неабходна выконваць арыфметычныя дзеянні, састаўляць ураўненні (сістэму ўраўненняў), будаваць графікі, праводзіць фізічны эксперымент. Зыходзячы з гэтага, разглядаюць наступныя матэматычныя спосабы рашэння задач: арыфметычны, алгебраічны, графічны, геаметрычны. Прапе-нуем сістэму спосабаў рашэння фізічных задач у выглядзе блок-схемы (рыс. 3).

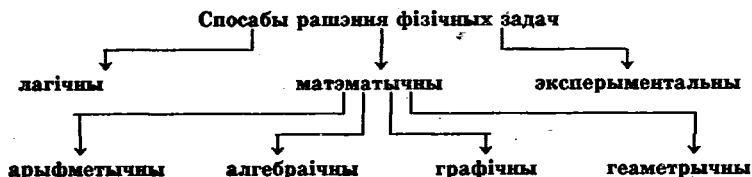


Рис. 3

Праїлюструем на канкрэтных прыкладах прымяненне названых спосабаў рашэння задач.

1. Колькі часу падала цела, калі за апошнія 2 с яго прайшло 60 м?

Прыведзём рашэнне гэтай задачы алгебраїчным спосабам.

Дадзена:

$$\begin{aligned}
 t_2 &= 2 \text{ с} \\
 h_2 &= 60 \text{ м} \\
 g &= 9,8 \text{ м/с}^2 \\
 t &= ?
 \end{aligned}$$

Рашэнне

Аб'ект даследавання ў задачы — падаючае цела. Разгледзім два ўчасткі яго руху: AB і BC (рыс. 4).

На кожным з іх цела рухаецца паскорана;

\bar{g} , \bar{v} — характарыстыкі руху цела;

\bar{g} — з цягам часу не мяняецца. Рух цела з'яўляецца роўнапаскораным прамалінейным. Напрамак перамяшчэння цела супадае з напрамкам вектараў скорасці і паскарэння. Таму



$$h_2 = v_{o2} t_2 + \frac{gt_2^2}{2}$$

Рис. 4

$v_{o2} = v_1$ (канчатковая скорасць цела на першым участку роўна пачатковай скорасці на другім участку).

$$v_1 = gt_1; \quad t_1 = t - t_2; \quad v_1 = g(t - t_2).$$

$$h_2 = g(t - t_2)t_2 + \frac{gt_2^2}{2} = gtt_2 - gt_2^2 + \frac{gt_2^2}{2} = gtt_2 - \frac{gt_2^2}{2}; \quad h_2 = gtt_2 - \frac{gt_2^2}{2}.$$

Рэшым атрыманае ўраўненне адносна t :

$$t = \frac{h_2 + \frac{gt_2^2}{2}}{gt_2} = \frac{h_2}{gt_2} + \frac{t_2}{2}; \quad t = \frac{h_2}{gt_2} + \frac{t_2}{2}.$$

Правядзём вылічэнні t :

$$t = \frac{60 \text{ м}}{9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 2 \text{ с}} + 1 \text{ с} = 4 \text{ с}.$$

Адказ: $t = 4 \text{ с}$.

2. Рух двух велосіпедыстаў зададзены ўраўненнямі $x_1 = 10 - 5t$; $x_2 = 1 + 4t^2$. Знайдзі час і месца іх сустрэчы.

Рэшым задачу 2 графічным спосабам. Рух першага велосіпедыста — прамалінейны раўнамерны, другога — прамалінейны раўнапаскораны.

Пабудуем графікі руху цел, пра якія гаворыцца ва ўмове задачы (рыс. 5).

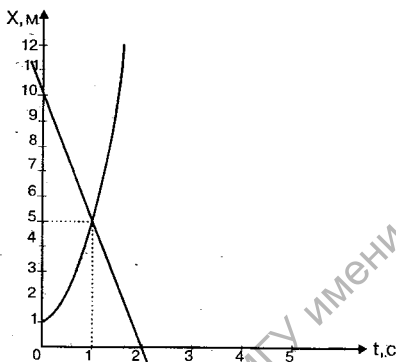


Рис. 5

З графіка бачна, што $x=5$ м; $t=1$ с. Такі ж адказ атрымаецца пры рашэнні задачы алгебраічным спосабам.

У момант сустрэчы цел $x_1=x_2$, $10-5t=1+4t^2$.

Рэшым атрыманае ўраўненне:

$$4t^2+5t-9=0.$$

$$t = \frac{-5 \pm \sqrt{25 + 144}}{8} \text{ (с)} = \frac{-5 \pm 13}{8} \text{ (с)}.$$

$$t_1=1 \text{ (с)}, t_2=-\frac{9}{4} \text{ (с)} \text{ — не падыходзіць па сэнсу;}$$

$$x=10-5=5 \text{ (м)}.$$

Адказ: $x=5$ м, $t=1$ с.

3. Вагон шырынёй 2,4 м рухаецца са скорасцю 15 м/с. Яго прабівае куля, якая ляжыць перпендыкулярна напрамку руху вагона. Зрушэнне дзірак у сценах вагона адносна адна другой роўна 6 см. Якая скорасць кулі?

Гэту задачу рэшым арыфметычным спосабам.

Дадзена:

$$l_1=2,4 \text{ м}$$

$$v_2=15 \text{ м/с}$$

$$l_2=6 \text{ см}=0,06 \text{ м}$$

$$v_1=?$$

Рашэнне

У задачы разглядаюцца два аб'екты: куля і вагон. Іх рух прыем прамалінейным і раўнамерным. Таму $l_1=v_1 \cdot t$.

$$v_1 = \frac{l_1}{t}, \text{ дзе } t \text{ — час руху кулі і вагона;}$$

$$l_2 = v_2 \cdot t; t = \frac{l_2}{v_2}.$$

Спочатку знайдемо значення t :

$$t = \frac{0,06 \text{ м}}{15 \text{ м/с}} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$$

Вилічимо значення v_1 :

$$v_1 = \frac{2,4 \text{ м}}{4 \cdot 10^{-3} \text{ с}} = 0,6 \cdot 10^3 \text{ м/с} = 600 \text{ м/с.}$$

Адрознення алгебраїчного способу рішення ад арифметичного заключається в тому, що при його приміненні рівняння складаються і рашаються адносна невідомій величині. Виводзіть рабоча формула-рівняння, у левій частці якого стаїть невідомая величина, а ў правій — дадзеныя ў задачі величині.

Рашэнне задачі 3 алгебраїчным спосабам выглядае наступным чынам:

$$\left. \begin{aligned} l_1 &= v_1 \cdot t \\ l_2 &= v_2 \cdot t \end{aligned} \right\} t = \frac{l_2}{v_2}; l_1 = \frac{v_1 l_2}{v_2}; v_1 = \frac{l_1 v_2}{l_2};$$

$$v_1 = \frac{2,4 \text{ м} \cdot 15 \text{ м/с}}{0,06 \text{ м}} = 600 \text{ м/с.}$$

Адказ: 600 м/с.

4. Сквозь ваду праходзяць два паралельныя прамяні: 1 і 2 (рыс. 6). Прамень 1 выходзіць у паветра непасрэдна, а прамень 2 праз шкляную пласцінку з паралельнымі гранямі. Ці застануцца прамяні паралельнымі ў паветры?

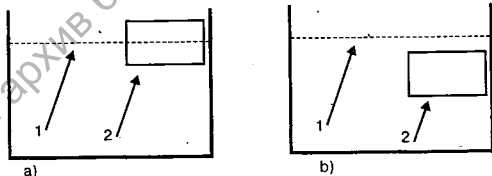


Рис. 6

Гэта задача рашаецца толькі з дапамогай геаметрычных пабудаванняў (геаметрычным спосабам) (рыс. 7).

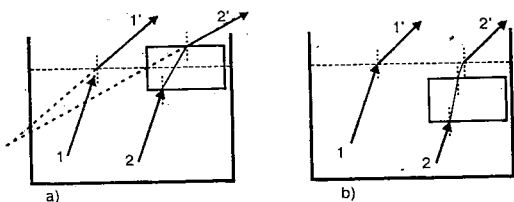
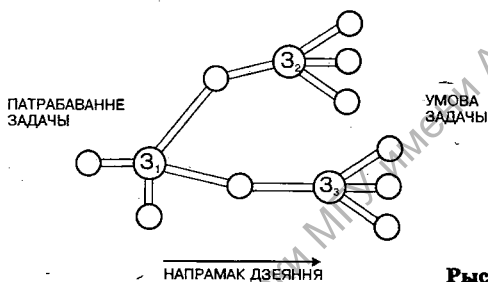


Рис. 7

Адказ: застануцца паралельнымі прамяні ў выпадку *b*.

Метад рашэння задач абумоўліваецца прымяненнем лагічнымі аперацыямі. Выдзяляюць аналітычны і сінтэтычны метады рашэння фізічных задач.

Аналітычны метады заключаецца ў раздзяленні дадзенай задачы на рад больш простых. Рашэнне пачынаецца з вызначэння заканамернасці, якая звязвае шукаемую велічыню з другімі. Калі выражаючая гэту заканамернасць формула ўключае, акрамя шукаемай, яшчэ невядомую велічыню, то знаходзяць другую заканамернасць, якая звязвае яе з вядомымі па ўмове. Так да таго часу, пакуль шукаемая велічыня не будзе поўнасю выражана праз вядомыя. Сутнасць гэтага метаду можна адлюстравіць наступнай схемай (рыс. 8).



Рыс. 8

Праілюструем прымяненне гэтага метаду на прыкладзе рашэння наступнай задачы.

Цела на вярхоўцы падымалі ад паверхні Зямлі з паскарэннем 2 м/с^2 вертыкальна ўверх. Праз 5 с вярхоўка парвалася. Колькі часу цела рухалася да падзення на Зямлю?

Дадзена:

$$\begin{aligned} a_1 &= 2 \text{ м/с}^2 \\ t_1 &= 5 \text{ с} \\ a_2 &= g = 9,8 \text{ м/с} \\ t &= ? \end{aligned}$$

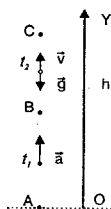
Рашэнне

Зробім наступны рысунак (рыс. 9). Аб'ект даследавання — рухомае цела. Вынік уздзеяння — роўнапаскораны рух цела.

Характарыстыкі рухомага цела — \vec{v} , \vec{a} , \vec{g} .

Выдзелім 3 участкі траекторыі руху цела *AB*, *BC*, *CA*.

$t = t_2 + t_3$, дзе t_2 — час руху цела на ўчастку *BC*; t_3 — час руху цела на ўчастку *CA*.



Рыс. 9

Для ўчастка *BC*:

$$v_2 = v_{02} - gt_2 \Rightarrow 0 = v_{02} - gt_2; t_2 = \frac{v_{02}}{g};$$

$$v_2 = 0 \quad v_{02} = v_1, v_1 = a_1 \cdot t_1.$$

$$\text{Таму } t_2 = \frac{a_1 \cdot t_1}{g}.$$

Для участка СА:

$$h = \frac{gt_3^2}{2}; t_3 = \sqrt{\frac{2h}{g}}; h = h_1 + h_2; h_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2}; h_2 = v_{02} \cdot t_2 - \frac{gt_2^2}{2};$$

$$h_2 = a_1 t_1 t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = a_1 t_1 \cdot \frac{a_1 t_1}{g} - \frac{g a_1^2 t_1^2}{2g^2} = \frac{a_1^2 t_1^2}{g} - \frac{a_1^2 t_1^2}{2g} = \frac{a_1^2 t_1^2}{2g};$$

$$h = \frac{a_1 t_1^2}{2} + \frac{a_1^2 t_1^2}{2g}.$$

$$t_3 = \sqrt{\frac{a_1 t_1^2}{g} + \frac{a_1^2 t_1^2}{g^2}} = \frac{a_1 t_1}{g} \sqrt{1 + \frac{g}{a_1}}.$$

$$t = \frac{a_1 t_1}{g} + \frac{a_1 t_1}{g} \sqrt{1 + \frac{g}{a_1}} = \frac{a_1 t_1}{g} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{g}{a_1}} \right).$$

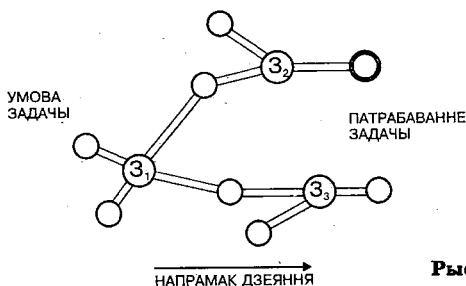
Привядзём вылічэнне значэння t :

$$t = \frac{2 \text{ м/с}^2 \cdot 5 \text{ с}}{9,8 \text{ м/с}^2} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{9,8 \text{ м/с}^2}{2 \text{ м/с}^2}} \right) = 3,5 \text{ с}.$$

Адказ: $t=3,5 \text{ с}$.

Сінтэтычны метад прадугледжвае паслядоўнае высвятленне сувязей велічынь, дадзеных ва ўмове, з другімі да таго часу, пакуль у атрыманы ўраўненні ў якасці невядомага ўвойдзе шукаемая велічыня.

Сутнасць сінтэтычнага метаду можна адлюстраваць наступнай схемай (рыс. 10).



Рыс. 10

Праілюструем прымяненне сінтэтычнага метаду да рашэння разглядаемай задачы. Апішам рух цела на кожным з выдзеленых участкаў.

Для ўчастка АВ:

$$h_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2}; v_1 = a_1 t_1.$$

Для ўчастка ВС:

$$h_2 = v_{02} t_2 - \frac{g t_2^2}{2}; v_{02} = v_1 = a_1 t_1; 0 = v_{02} - g t_2; v_{02} = g t_2;$$

$$t_2 = \frac{a_1 t_1}{g}; h_2 = a_1 t_1 t_2 - \frac{g a_1^2 t_1^2}{2g^2} = a_1 t_1 t_2 - \frac{a_1^2 t_1^2}{2g};$$

$$h_2 = \frac{a_1^2 t_1^2}{g} - \frac{a_1^2 t_1^2}{2g} = \frac{a_1^2 t_1^2}{2g}.$$

Для ўчастка СА:

$$h_1 + h_2 = \frac{g t_3^2}{2}; t_3 = t - t_2;$$

$$\frac{a_1 t_1^2}{2} + \frac{a_1^2 t_1^2}{2g} = \frac{g \left(t - \frac{a_1 t_1}{g} \right)^2}{2}; \frac{a_1 t_1^2}{2} + \frac{a_1^2 t_1^2}{2g} = \frac{g t^2}{2} - g t \frac{a_1 t_1}{g} + \frac{g a_1^2 t_1^2}{2g^2};$$

$$\frac{a_1 t_1^2}{2} + \frac{a_1^2 t_1^2}{2g} = \frac{g t^2}{2} - a_1 t_1 t + \frac{a_1^2 t_1^2}{2g}; g t^2 - 2 a_1 t t_1 - a_1 t_1^2 = 0.$$

Рашаем атрыманае ўраўненне адносна t :

$$t = \frac{2 a_1 t_1 \pm \sqrt{4 a_1^2 t_1^2 + 4 a_1 g t_1^2}}{2g} = \frac{a_1 t_1 \pm a_1 t_1 \sqrt{1 + \frac{g}{a_1}}}{g};$$

$$t = \frac{a_1 t_1}{g} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{g}{a_1}} \right).$$

$$t = \frac{a_1 t_1}{g} \left(1 - \sqrt{1 + \frac{g}{a_1}} \right) \text{ — не падыходзіць па сэнсу.}$$

Прывядзём яшчэ адно рашэнне разглядаемай задачы сінтэтычным метадам. Запішам ураўненне руху цела на ўчастку ВС:

$$y = y_0 + v_{02}t - \frac{gt^2}{2}.$$

Пры прызямленні цела $y=0$:

$$0 = y_0 + v_{02}t - \frac{gt^2}{2}; y_0 = h_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2}; v_{02} = a_1 t_1;$$

$$0 = \frac{a_1 t_1^2}{2} + a_1 t_1 t - \frac{gt^2}{2}; gt^2 - 2a_1 t t_1 - a_1 t_1^2 = 0.$$

Рашаем атрыманае ўраўненне:

$$t = \frac{2a_1 t_1 \pm \sqrt{4a_1^2 t_1^2 + 4a_1^2 g t_1^2}}{2g} = \frac{2a_1 t_1 \pm 2a_1 t_1 \sqrt{1 + \frac{g}{a}}}{2g} =$$

$$= \frac{a_1 t_1 \pm a_1 t_1 \sqrt{1 + \frac{g}{a}}}{g}.$$

Знак «-» не падыходзіць па сэнсу.

У выніку апошняга рашэння атрымалася рабочая формула, такая ж, як і ў папярэдніх выпадках.

(Заканчэнне будзе)