

## Раздзел 2. МЕХАНІКА

### 2.1. Агульны квазіалгарытм рашэння задач па механіцы

Асноўная задача механікі заключаецца ў знаходжанні каардынат матэрыяльнага пункта ў адвольны момант часу, калі вядомыя сілы, што дзейнічаюць на яго, а таксама пачатковыя і гранічныя ўмовы руху. У адпаведнасці з метадыкай рашэння асноўнай задачы механікі, прынятай у школьным курсе фізікі, рашэнне задач па механіцы павінна ажыццяўляцца каардынатна-вектарным спосабам. Гэты спосаб прадугледжвае запіс кінематычных і дынамічных законаў руху або раўнавагі матэрыяльнага пункта ці абсалютна цвёрдага цела ў вектарнай форме, пераход да скалярнай формы запісу і рашэнне сістэмы скалярных ураўненняў (няроўнасцей) у агульным выглядзе.

У адпаведнасці са зместам і структурай агульнага квазіалгарытму рашэння вучэбнай задачы па фізіцы ў працэсе рашэння задач па механіцы можна карыстацца наступным квазіалгарытмам.

1. Прааналізуйце фізічную сітуацыю, што апісана ў задачы: вылучыце матэрыяльныя аб'екты, якія адпавядаюць сітуацыі.

2. Выберыце інерцыяльную сістэму адліку.

3. Сканструйце з дамінуючых аб'ектаў задачы фізічную сістэму для даследавання (адну або некалькі).

4. Прааналізуйце характар руху фізічнай сістэмы адносна выбранай сістэмы адліку і сфармулюйце кінематычныя законы яе руху.

5. Разгледзьце ўзаемадзеянні фізічнай сістэмы з цэламі і палямі, што не ўваходзяць у яе склад, і сфармулюйце дынамічныя законы руху.

6. Выявіце магчымасць выкарыстання законаў захавання і (або) тэарэм аб змяненні імпульсу, моманту імпульсу і механічнай энергіі для апісання фізічнай сістэмы.

7. Запішыце законы руху і (або) законы захавання для аб'ектаў, што ўваходзяць у склад фізічнай сістэмы.

8. Зрабіце схематычны рысунак і ўкажыце на ім кінематычныя, дынамічныя і энергетычныя характарыстыкі фізічнай сістэмы.

9. Спраецыруйце вектарныя велічыні на восі каардынат.

10. Запішыце (пры неабходнасці) ураўненні, якіх не хапае, з улікам законаў для прыватных сіл, кінематычных сувязяў, геаметрычных суадносін і спецыяльных умоў, якія прыведзены ў задачы.

11. Рашыце сістэму скалярных ураўненняў у агульным выглядзе.

12. Прааналізуйце вынікі рашэння ў агульным выглядзе.

13. Зрабіце разлікі і прааналізуйце іх.

14. Ажыццявіце навукова-метадычны аналіз працэсу рашэння задачы.

## 2.2. Методыка рашэння задач па тэме «Асновы кінематыкі»

Месцазнаходжанне матэрыяльнага пункта адносна выбранай сістэмы адліку ў момант часу  $t$  адназначна вызначаецца яго радыус-вектарам  $\vec{r}(t)$  (г.зн. вектарам, пачатак якога супадае з цэламі адліку або пачаткам сістэмы каардынат, што звязана з цэламі

адліку, а канец — са становішчам матэрыяльнага пункта ў дадзены момант часу). Залежнасць радыус-вектара ад часу вызначае закон руху. Для прамалінейнага руху з пастаянным паскарэннем

$$\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}, \quad \vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{a} t, \quad (1)$$

дзе  $\vec{r}_0$  — радыус-вектар матэрыяльнага пункта ў момант часу  $t_0 = 0$ ;  $\vec{v}(t)$  — імгненная скорасць у момант часу  $t$ ;  $\vec{v}_0$  — скорасць пункта ў момант часу  $t_0 = 0$  (яе звычайна называюць пачатковай скорасцю).

У праекцыях на восі каардынат вектарныя ураўненні маюць выгляд:

$$\begin{aligned} x(t) &= x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}, & y(t) &= y_0 + v_{0y} t + \frac{a_y t^2}{2}, \\ v_x(t) &= v_{0x} + a_x t, & v_y(t) &= v_{0y} + a_y t, \end{aligned} \quad (2)$$

$$z(t) = z_0 + v_{0z} t + \frac{a_z t^2}{2},$$

$$v_z(t) = v_{0z} + a_z t.$$

Пры раўнамерным прамалінейным руху  $\vec{a} = \vec{0}$ , таму

$$\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{v} t, \quad \vec{v}(t) = \vec{v}_0 \quad \text{або}$$

$$\begin{aligned} x(t) &= x_0 + v_x t, & y(t) &= y_0 + v_y t, & z(t) &= z_0 + v_z t, \\ v_x(t) &= v_{0x}, & v_y(t) &= v_{0y}, & v_z(t) &= v_{0z}. \end{aligned}$$

Калі вектар  $\vec{v}_0$  накіраваны ўздоўж восі  $Ox$ , то  $y(t) = y_0$ ,  $v_y(t) = 0$ ,  $z(t) = z_0$ ,  $v_z(t) = 0$ .

Рух цела пад дзеяннем толькі сілы цяжару (свабоднае падзенне) таксама ашсваецца сістэмай ураўненняў (1) або (2) з улікам таго, што  $\vec{a} = \vec{g}$ , дзе  $|\vec{g}| = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$  — лікавае значэнне паскарэння свабоднага падзення.

Для цела, якое свабодна падае па вертыкалі (пры ўмове, што вось  $Oy$  накіравана таксама вертыкальна), атрымаем

$$y(t) = y_0 + v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}; \quad v_y(t) = v_{0y} + g_y t.$$

Для цела, якое кінута пад вуглом да гарызонта са скорасцю  $v_0$  і рухаецца пад дзеяннем толькі сілы цяжару (пры умове, што вось  $Oy$  вертыкальная, а вось  $Ox$  гарызантальная і цела рухаецца у плоскасці  $xOy$ ), атрымаем

$$\begin{aligned} y(t) &= y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2}, & x(t) &= x_0 + v_{0x}t, \\ v_y(t) &= v_{0y} + g_y t, & v_x(t) &= v_{0x} = \text{const}. \end{aligned}$$

Траекторыя руху ў дадзеным выпадку з'яўляецца парабала.  
Для роўнапаскоранага руху па акружнасці

$$\begin{cases} \varphi(t) = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}, \\ \omega(t) = \omega_0 + \varepsilon t, \end{cases}$$

дзе  $\varphi(t)$  — вугал павароту радыус-вектара, што злучае цэнтр акружнасці з матэрыяльным пунктам, які рухаецца па акружнасці;  $\omega(t)$  — імгненнае значэнне вуглавой скорасці,  $\varepsilon$  — вуглавое паскарэнне,  $\omega_0$  — пачатковая вуглавая скорасць матэрыяльнага пункта. Пры раўнамерным руху па акружнасці  $\varepsilon = 0$ , г. зн.  $\varphi(t) = \omega_0(t)$ ;  $\omega = \omega_0$ . Прычым лінейныя і вуглавыя велічыні ў абодвух выпадках звязаны наступнымі суадносінамі:

$$v = \omega r, \quad a_n = \omega^2 r, \quad a_\tau = \varepsilon r, \quad l = \varphi r,$$

дзе  $l$  — даўжыня дугі,  $v$  — лінейная скорасць,  $a_n$  і  $a_\tau$  — нармаль-ная і тангенцыяльная складальныя поўнага паскарэння матэрыяльнага пункта.

У адпаведнасці з асноўнымі этапамі рашэння задачы па фізіцы пры рашэнні задач па кінематыцы можна карыстацца наступным квазіалгарытмам.

1. Прааналізуйце фізічную сітуацыю і вылучыце яўна і няяўна зададзеныя матэрыяльныя аб'екты задачы.
2. Выберыце сістэму адліку і ацаніце магчымасць яе мадэліравання як інерцыяльнай сістэмы адліку.
3. Выберыце фізічную сістэму і замяніце аб'екты, уключаныя ў яе, іх ідэальнымі мадэлямі.

4. Вызначце тып фізічнай сістэмы і вылучыце фізічныя законы, якімі можна карыстацца для яе апісання.

5. Запішыце кінематычныя законы руху для аб'ектаў, якія ўваходзяць у склад фізічнай сістэмы, у вектарнай форме.

6. Пакажыце на схематычным рысунку ўсе кінематычныя характарыстыкі руху: перамяшчэнне за разглядаемы прамежак часу, імгненную скорасць у пачатку і канцы руху, паскарэнне і час.

7. Спраецыруйце вектарныя велічыні на восі  $Ox$  і  $Oy$  і праверце, ці з'яўляецца атрыманая сістэма ўраўненняў поўнай.

8. З улікам кінематычных сувязей, суадносін і спецыяльных умоў, што прыведзены ў задачы, складзіце ўраўненні, якіх не хапае.

9. Рашыце атрыманую сістэму ўраўненняў адносна невядомых велічынь у агульным выглядзе.

10. Праверце правільнасць рашэння у агульным выглядзе.

11. Зрабіце разлікі.

12. Прааналізуйце вынікі.

Пры узнікненні цяжкасцей у працэсе аналізу фізічнай сітуацыі або вынікаў рашэння задачы звяртайцеся да з'яўшчых арыенцраў.

Памятайце, што пры рашэнні задач на рух матэрыяльнага пункта па акружнасці неабходна дадаткова ўлічваць сувязі паміж лінейнымі і вуглавымі характарыстыкамі руху.

#### Эўрыстычныя арыенціры (аналіз фізічнай сітуацыі і вынікаў рашэння)

I. Выберыце інерцыяльную сістэму адліку (ІСА):

1. У якіх выпадках сістэму адліку (СА) можна лічыць інерцыяльнай?

2. Ці можна ў дадзенай задачы не ўлічваць вярчэнне Зямлі вакол уласнай восі (вакол Сонца)?

3. Ці можна СА, звязаную з паверхняй Зямлі (цэнтрам Зямлі), лічыць інерцыяльнай?

II. Вызначце, ці можна разглядаць цела, якое рухаецца, як матэрыяльны пункт (як абсалютна цвёрдае цела):

1. У якіх выпадках цела можна лічыць матэрыяльным пунктам?

2. Ці можна ў дадзенай задачы не ўлічваць памеры цела, якое рухаецца, у параўнанні з адлегласцю, пройдзенай ім, або замяніць рух цела рухам яго цэнтра мас?

3. Ці можна лічыць цела матэрыяльным пунктам?

часу?

3. Якім будзе характар руху цела па паскарэнню?

IV. Устанавіце від траекторыі руху цела:

1. Пры якіх умовах цела рухаецца прамалінейна, па акружнасці, па парабале?

2. Чаму роўны вугал паміж вектарам скорасці і вектарам паскарэння ў момант часу  $t_0 = 0$ , ці застаецца ён нязменным у час руху?

3. Ці будзе цела рухацца прамалінейна, па акружнасці, па парабале?

4. Ці можна паверхню Зямлі ў дадзенай задачы лічыць плоскай?

V. Даследуйце вынікі:

1. Ці нельга рашыць задачу ў іншай ІСА, ці мэтазгодна гэта?

2. Ці нельга рашыць задачу на аснове закону захавання механічнай энергіі або тэарэмы аб змяненні кінетычнай энергіі?

3. Ці праўдападобны вынік з пункту гледжання яго рэальнасці?

4. Ці магчымы гранічны пераход да выдавочнага выпадку?