

# КИНЕМАТИКА



# **Механикалық қозғалыс. Қозғалыстың негізгі сипаттамалары**



# Механика

- **Механика** – денелердің механикалық қозғалысын зерттейді.
- *Механикалық қозғалыс* деп дененің кеңістіктегі орнының басқа денелерге қатысты уақыт бойынша өзгеруін айтады.
- Механиканың негізгі мақсаты: кез келген уақыт аралығында дененің кеңістікте орнын анықтау



# Механика

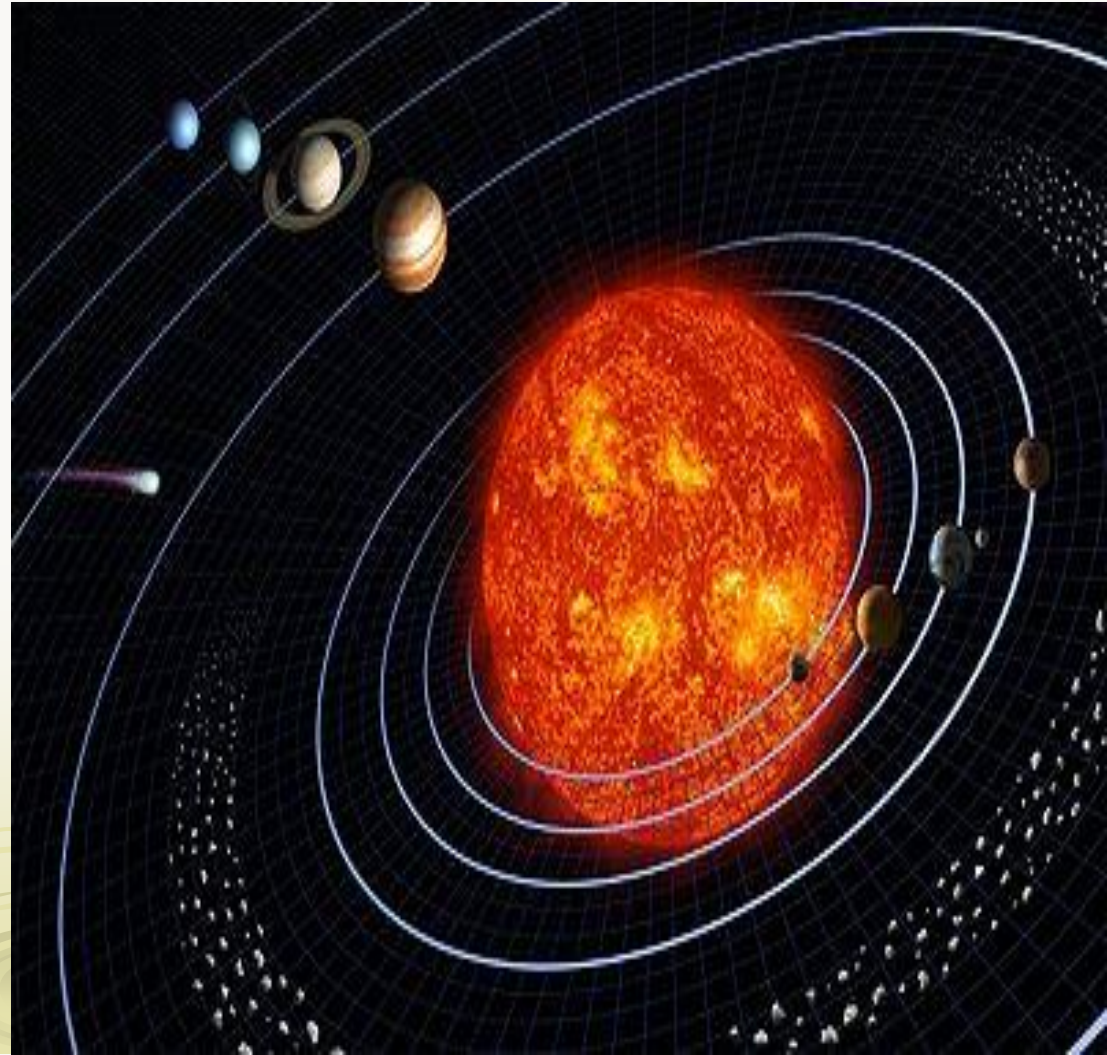
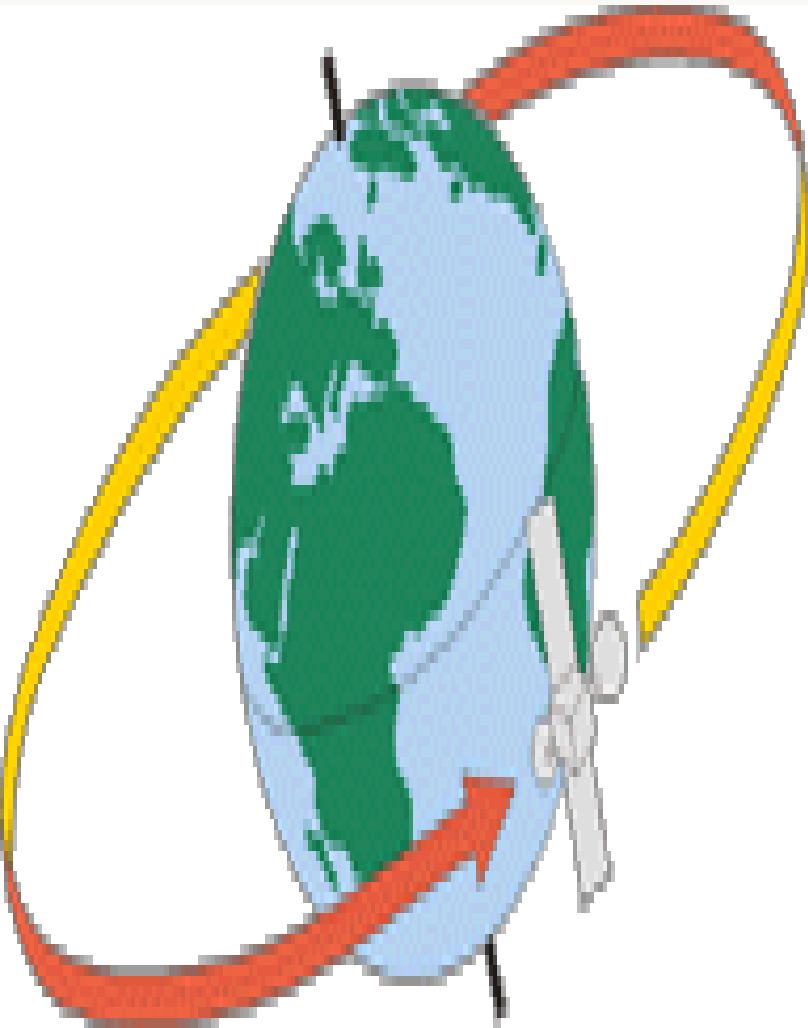
- **Кинематика** – денелердің әр түрлі қозғалысын зерттейтін және пайда болу себептерін қарастырмайтын механиканың бөлімі.
- **Динамика** – денелердің өзара әрекеттесу заңдарын, олардың пайда болу себептерін қарастыратын механиканың бөлімі.
- **Статика** – денелердің тепе-теңдік күйлерін қарастыратын механиканың бөлімі.



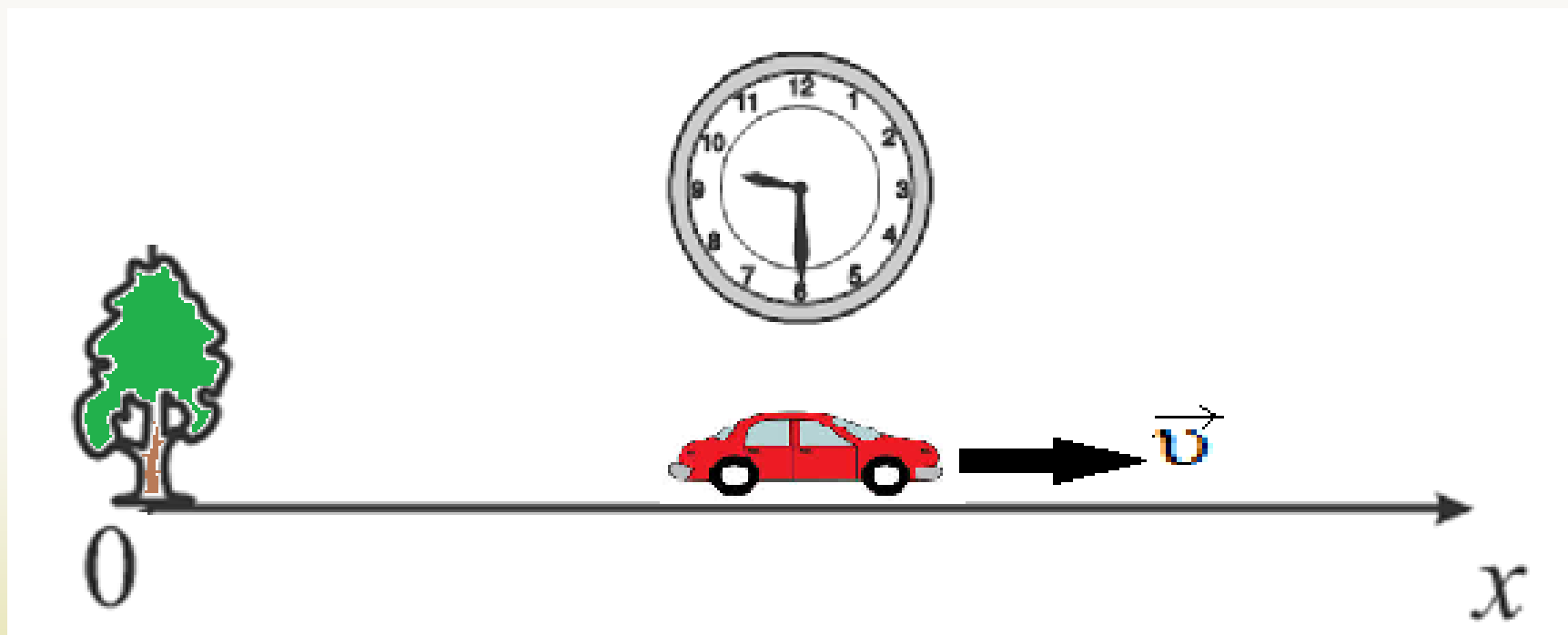
# Дәріс жоспары

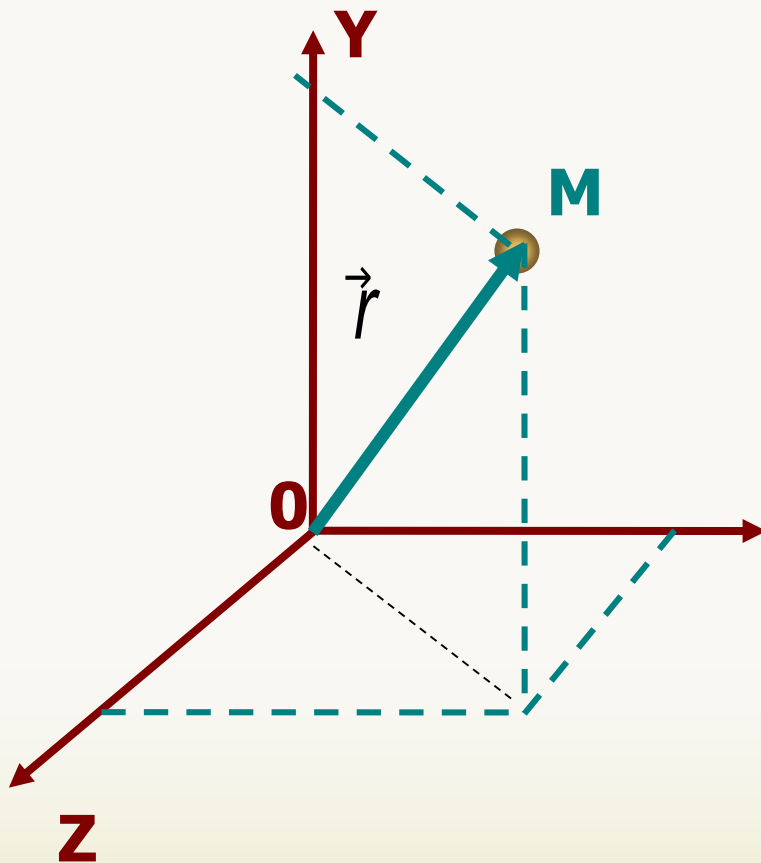
- Материялық нүкте, санақ жүйесі, орын ауыстыру, жол ұзындығы
- Жылдамдық, орташа және лездік жылдамдық
- Үдеу, орташа үдеу, лездік үдеу
- Түзу сызықты бірқалыпты және бірқалыпты айнымалы қозғалыстар
- Қисық сызықты қозғалыс және оның үдеулері
- Айналмалы қозғалыстың бұрыштық жылдамдығы және бұрыштық үдеуі
- Дененің еркін түсу
- Еркін түсу үдеуі

**Материалық нүкте** деп өлшемдері (қалыңдығы, диаметрі, ені) қоршаған сыртқы ортаның өлшемдерімен салыстырғанда елеуге болатын массасы бар денені айтады.



Дененің кеңістіктегі орнын басқа бір кез-келген қозғалмайтын дене арқылы анықтауға болатын денені **санақ денесі** деп атайды.

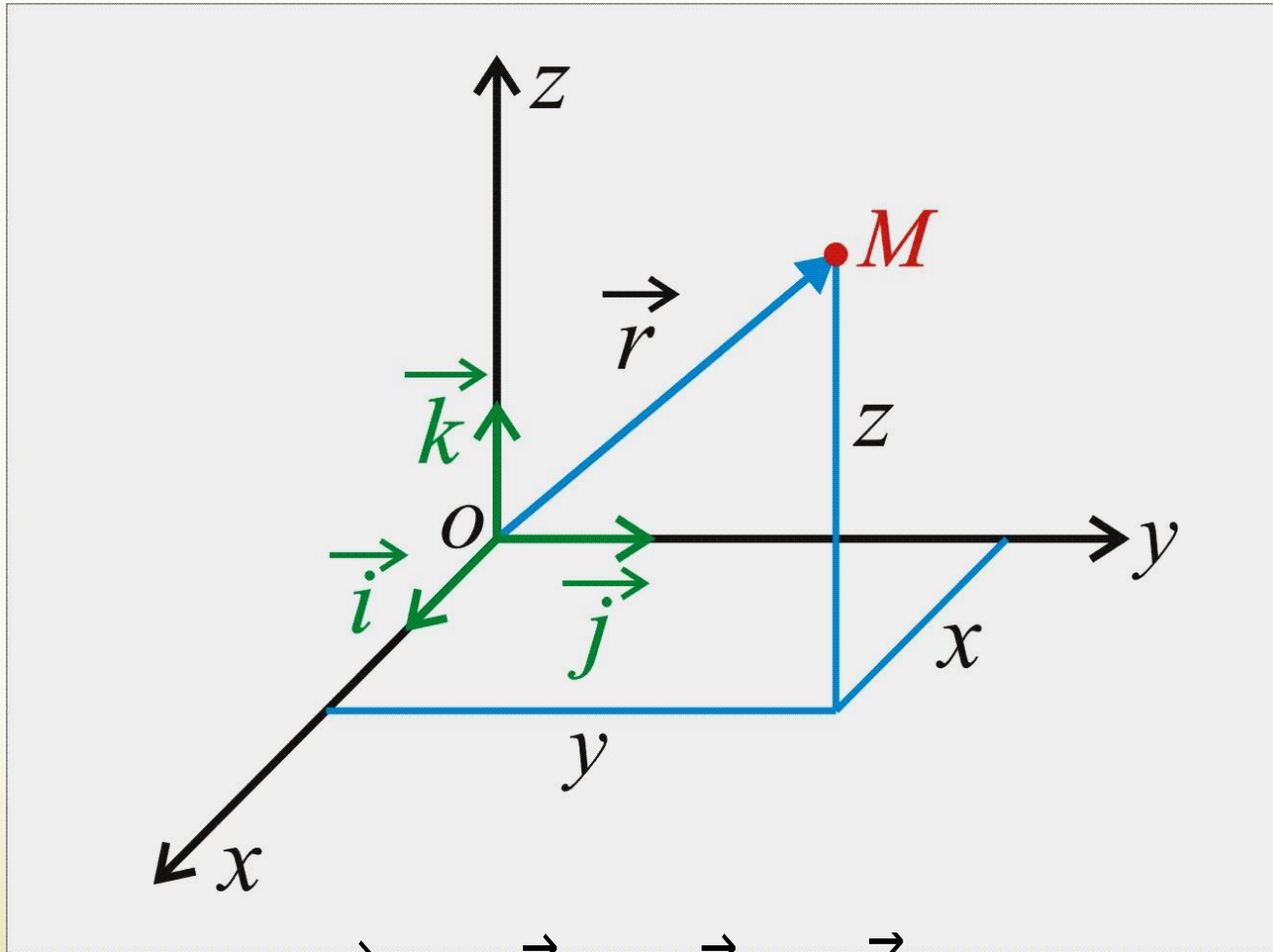




Санақ жүйесі  
дегеніміз санақ  
денеден,  
координата  
жүйесінен және  
уақыт өлшеуге  
арналған  
**X** аспаптан  
құрылады.



**Радиус-вектор** – координаталар басынан  $O$  нүктесінен дененің берілген нүктеге  $M$  дейін жүргізілген вектор



$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$$

# Материялдық нүктенің кинематикалық қозғалысының теңдеуі

$$\begin{cases} x = x(t), \\ y = y(t), \\ z = z(t) \end{cases}$$

немесе бұл үшеуін  $\vec{r} = \vec{r}(t)$

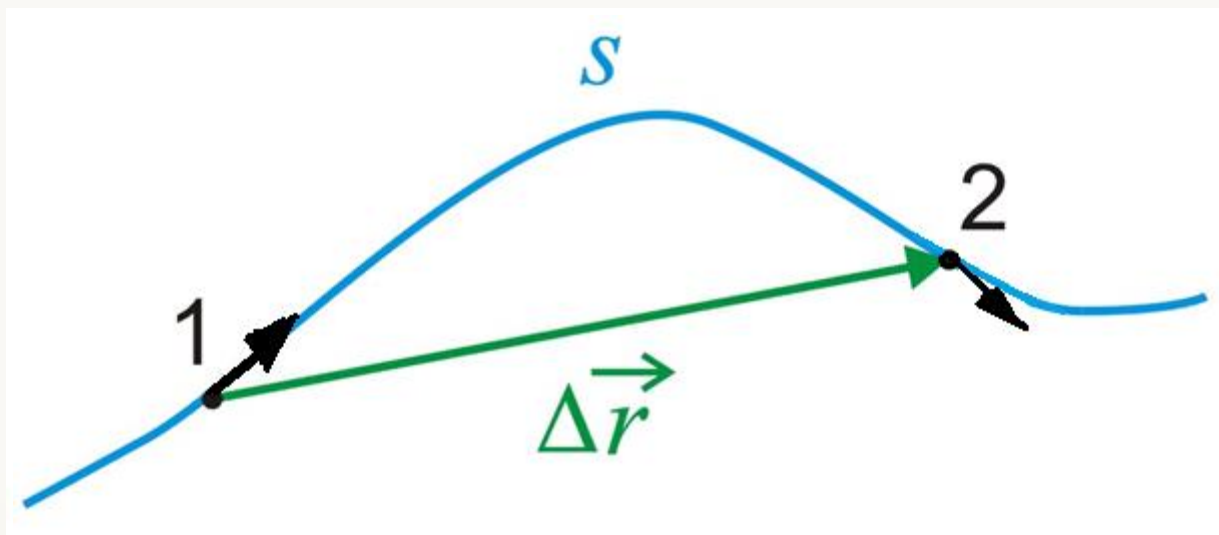
векторлық теңдеумен алмастырады

# Жол және орынауыстыру

- Дененің немесе материялық нүктенің кеңістіктегі қозғалыс кезінде сызық түрінде қалдырған ізі **траектория** немесе **жүрген жол ұзындығы** деп аталады.
- Траектория түзу сызықты және қисық сызықты болады.



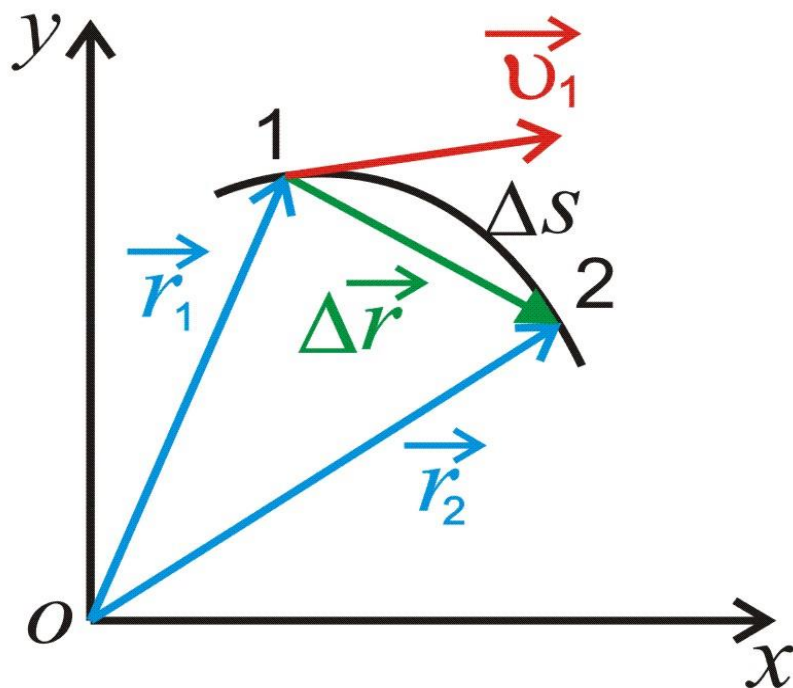
Жол — бұл бастапқы және соңғы нүктелердің арасындағы траектория участкесінің ұзындығына тең скалярлық шама  $S$ .



Нүктенің бастапқы және соңғы орнын қосатын вектор **орын ауыстыру**  $\Delta \vec{r}$  деп аталады, ол қозғалыстың бастапқы нүктесінен соңғы нүктесіне қарай бағытталады.

# Жылдамдық

**Жылдамдық** - қозғалыстың шапшандығы мен бағытын сипатайтын векторлық шама. Ол бірлік уақыт ішіндегі жүрілген жолдың ұзындығын анықтайды.



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

$$[v] = \text{м} / \text{с}$$

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$

# Бір қалыпты емес қозғалыс

Дене бірдей уақыт аралықтарында әр түрлі жол өтетін қозғалысты айтады.

Орташа жылдамдық  $v_{\text{орт}} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

$$v_{\text{орт}} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{S_1 + S_2 + \dots}{t_1 + t_2 + \dots}$$

Егер дене уақыттың бірінші жартысын  $v_1$ , ал қалған жартысын  $v_2$  жылдамдықпен жүрсе,

онда:

$$v_{\text{орт}} = \frac{v_1 + v_2}{2}.$$

## Лездік жылдамдықтың модулі

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} = s'$$

Уақыттың кез келген мезетіндегі қозғалыс жылдамдығы немесе лездік жылдамдығы деп, жүрілген жолдың уақыт бойынша алынған бірінші ретті туындысын айтамыз.

$$\vec{v}_{\text{лез}} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{r}'$$

Уақыт бірлігіндегі жылдамдықтың өзгерісінің шамасын **үдеу** деп атайды.

**Орташа үдеу**  $\vec{a}_{opt} = \frac{\vec{v}_6}{t_6}; \vec{a}_{opt} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ .

Лездік үдеу жылдамдықтың уақыт бойынша бірінші туындысына тең. →

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt}.$$

немесе жолдың екінші ретті туындысына тең:

$$a = v' = r''. \quad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}.$$

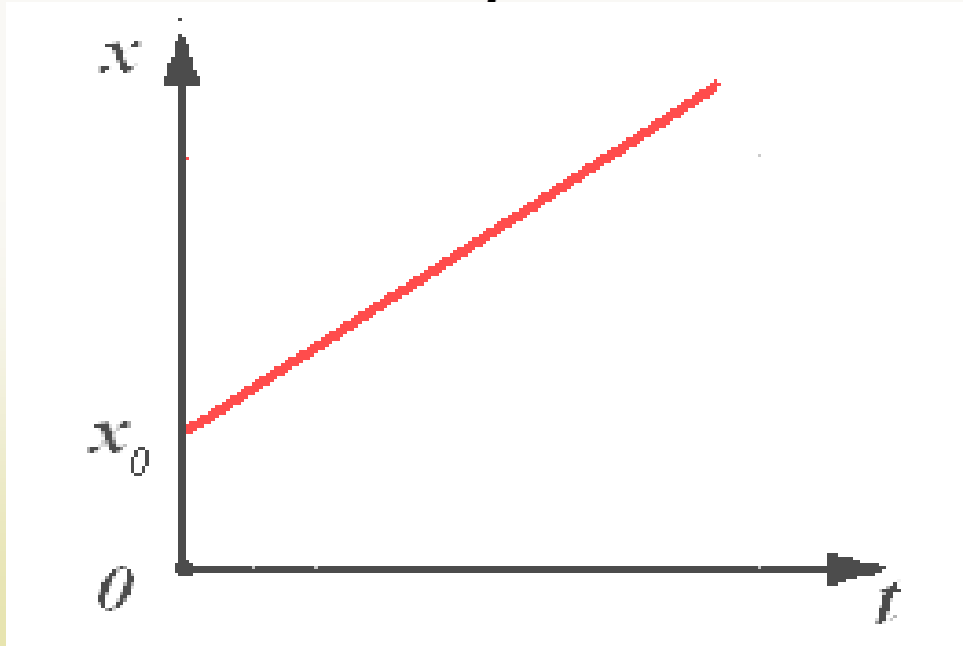


**Түзу сызықты  
бірқалыпты  
және  
бірқалыпты айнымалы  
қозғалыстар**



Материялық нүктенің *бірқалыпты түзу сызықты қозғалысы* деп бірлік уақыт өткен сайын оның жылдамдығы өзгермейтін қозғалысты айтамыз.

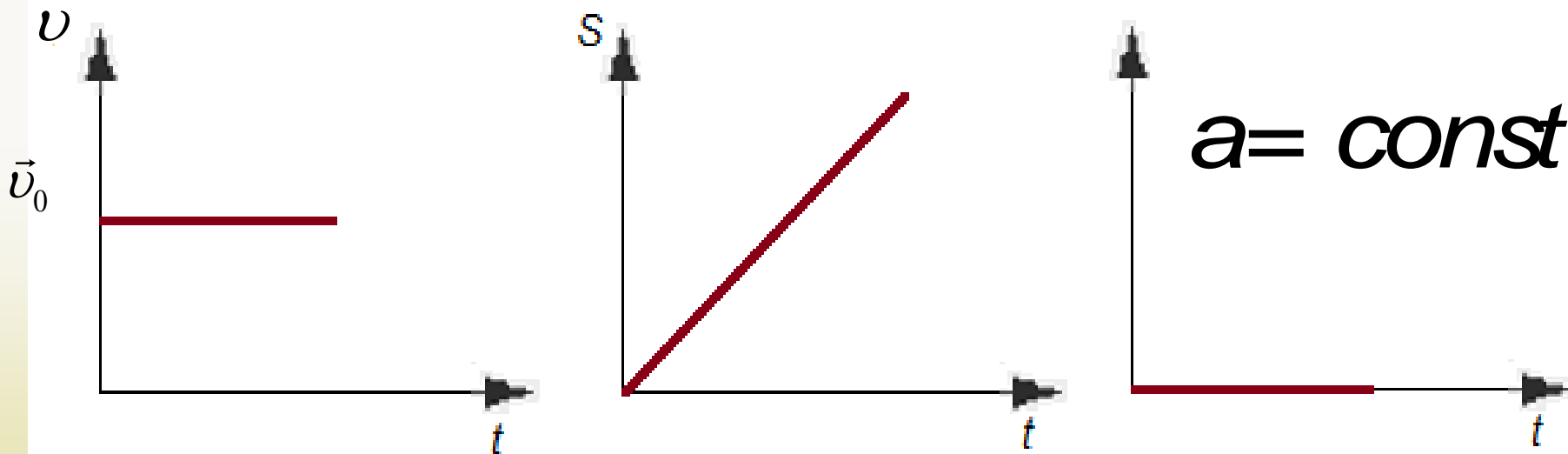
$$v = \frac{s}{t} = \text{const}, \quad \Delta s = v \cdot \Delta t$$



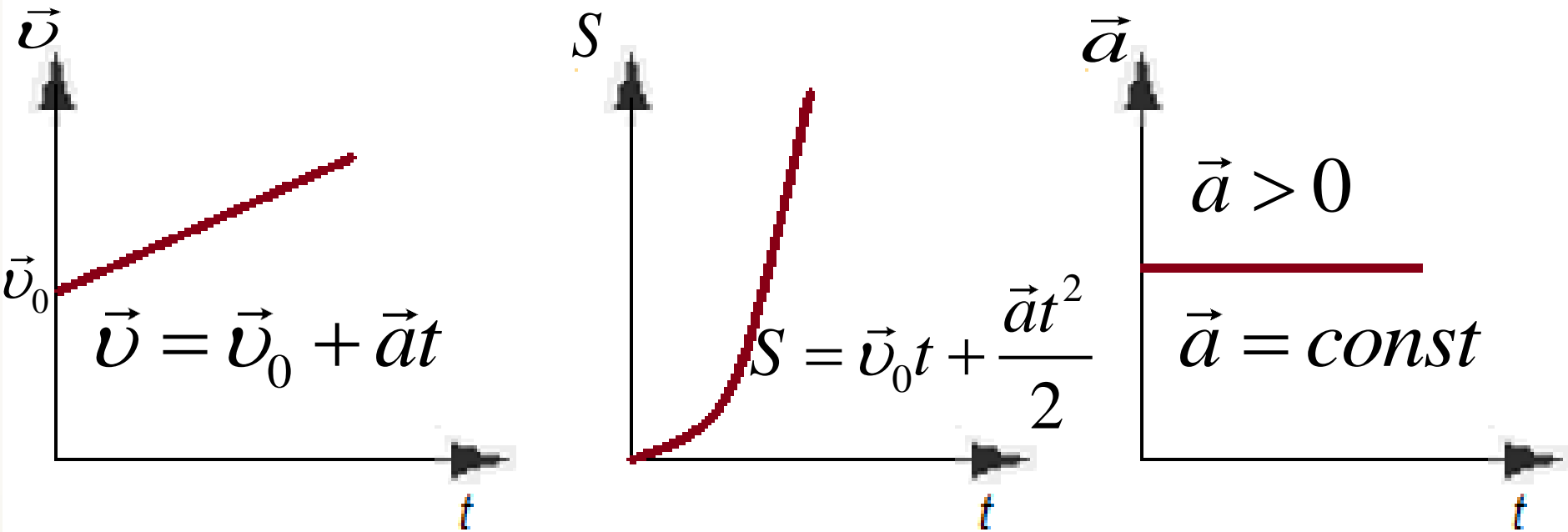
$$x = x_0 + s = x_0 + vt$$

# Бірқалыпты айнымалы қозғалыс

Материялық нүктенің *бірқалыпты айнымалы қозғалысы* деп бірлік уақыт өткен сайын оның жылдамдығы бірдей шамаға өсетін немесе кемитін қозғалысты айтады.

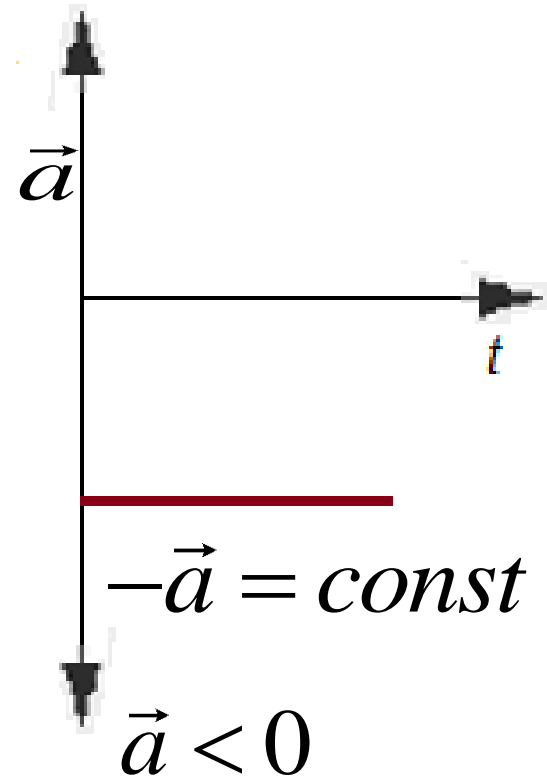
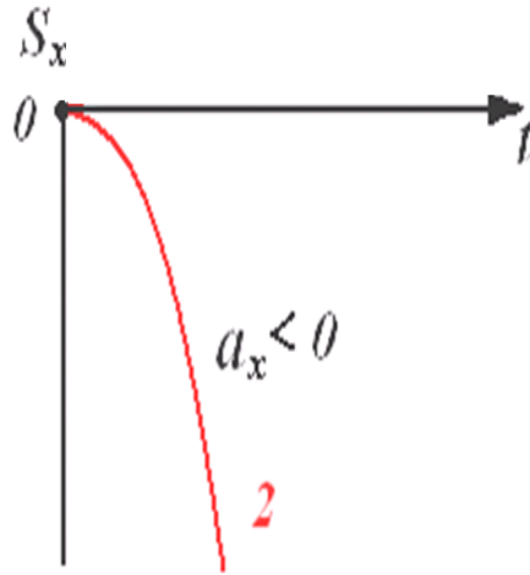
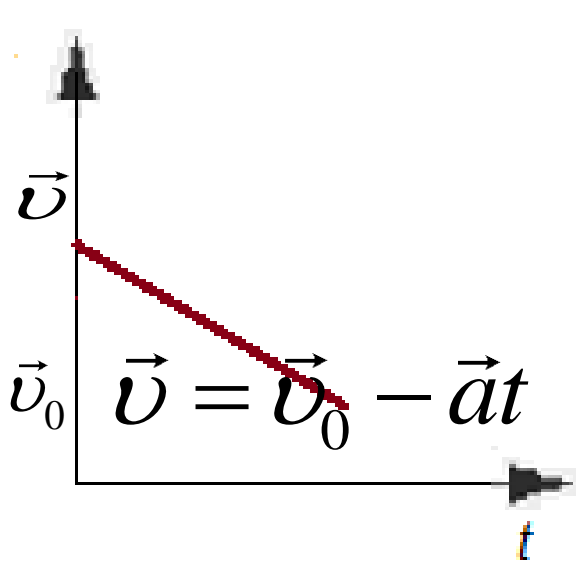


# Түзу сызықты үдемелі қозғалыс



$$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

# Түзу сызықты кемімелі қозғалыс

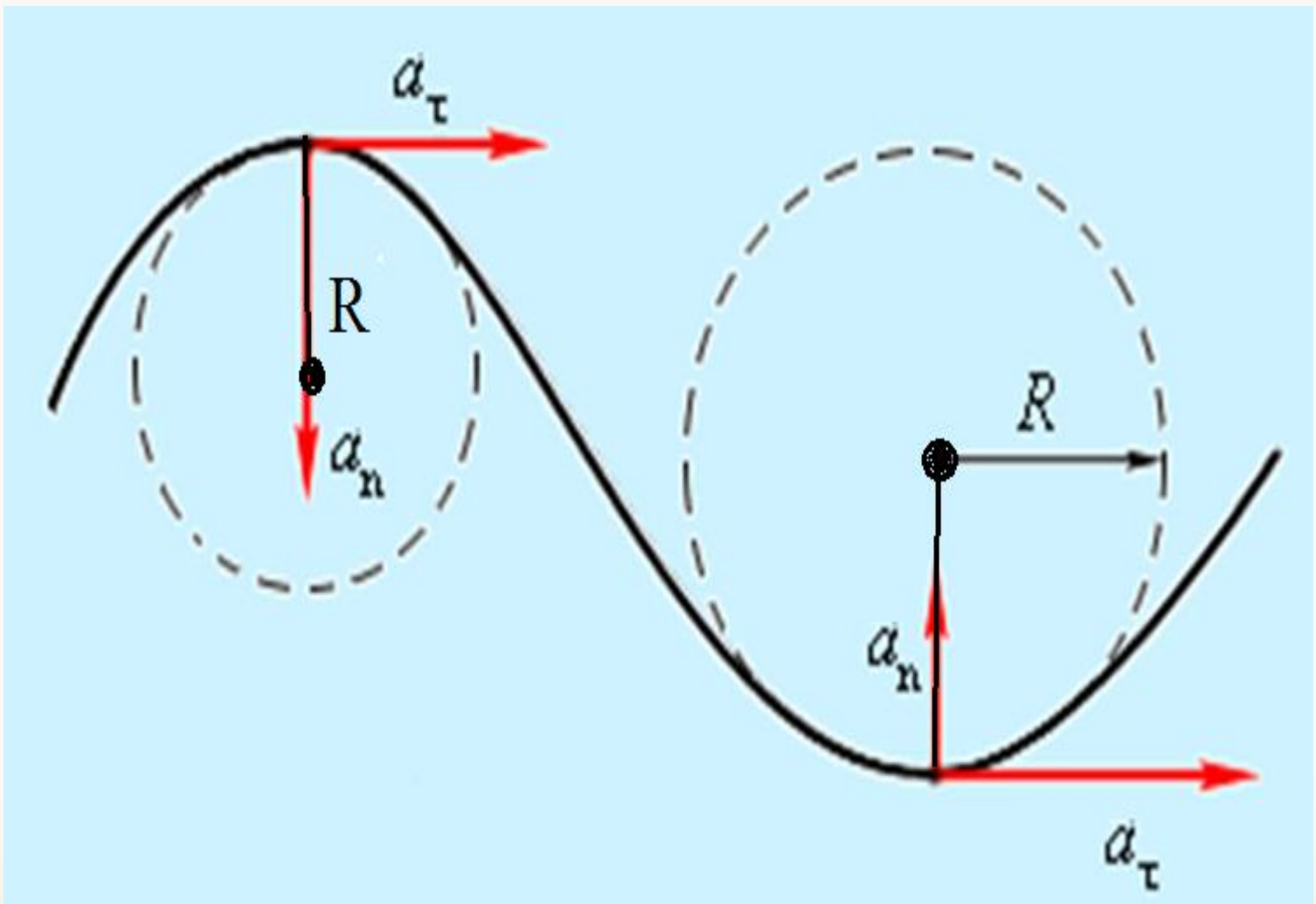


$$S = \vec{v}_0 t - \frac{\vec{a} t^2}{2}$$

$$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

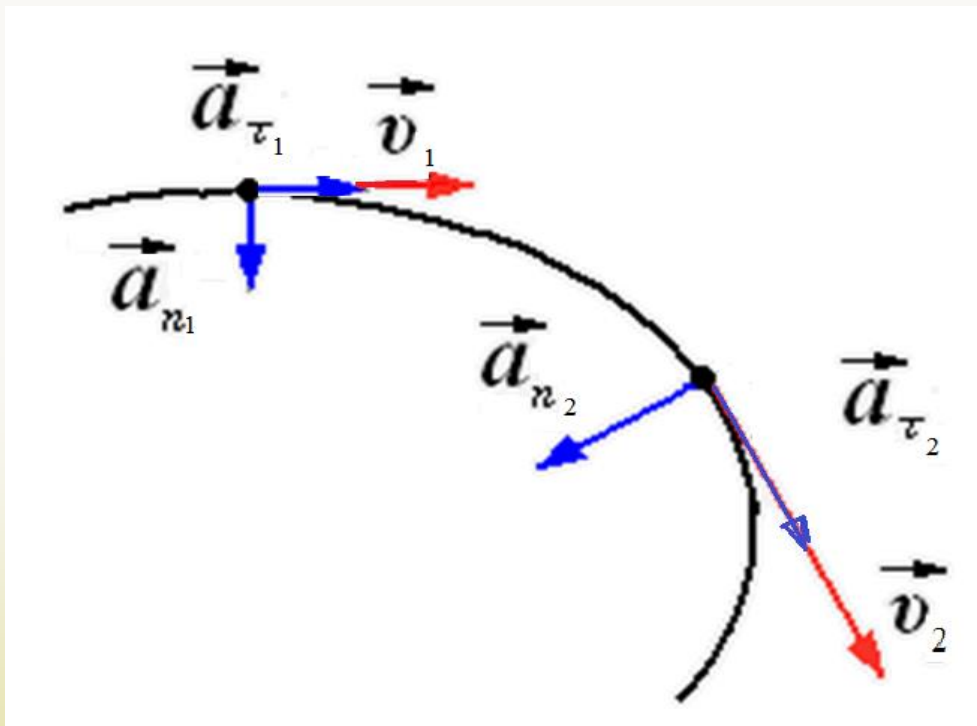
# ҚИСЫҚ СЫЗЫҚТЫ ҚОЗҒАЛЫС және оның үдеулері

*Қисық сызықты қозғалыс* – нүктенің шеңбер доғасы бойымен қозғалысы. Бұл қозғалыста жылдамдықтың модулі өзгермей бағыты уақыт өткен сайын өзгеріп отырады, дененің үдеуде модуль бойынша тұрақты бағыты өзгеріп отырады, шеңбердің центріне бағытталған.



# СЫЗЫҚТЫҚ ЖЫЛДАМДЫҚ

Нүктенің **сызықтық жылдамдығы** бірқалыпты шеңбер бойымен қозғалған кезде модулі бойынша тұрақты, бағыты бойынша өзгереді, траекторияның әр нүктесінде жанама бойымен бағыталады.



$$U = \frac{S}{t} = \frac{2\pi R}{T}$$

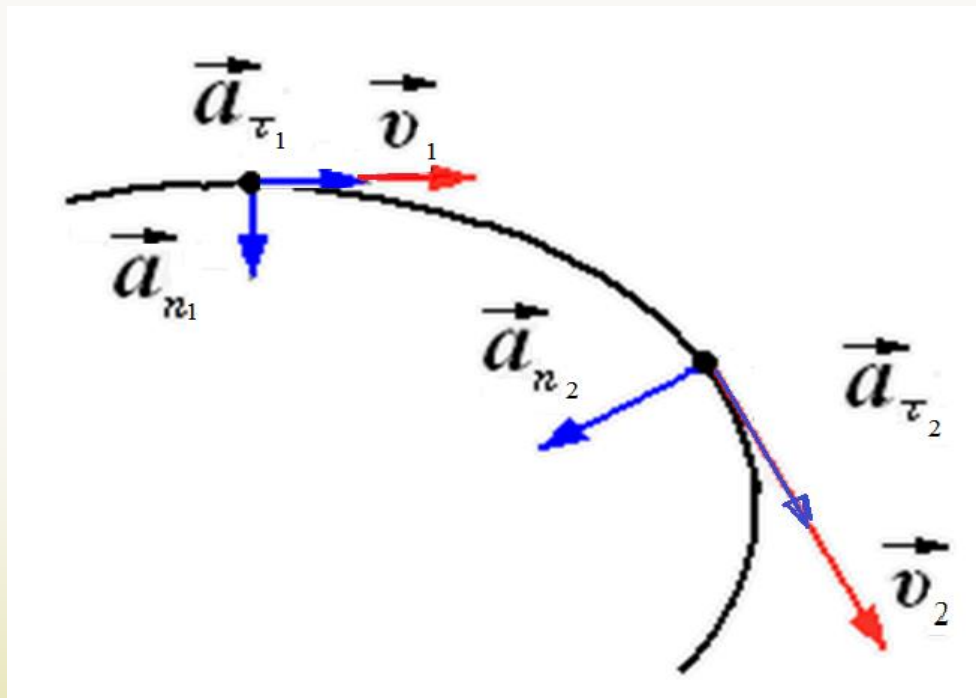
$$l = 2\pi R$$

|- шеңбердің  
ұзындығы



# Үдеудің құраушылары

$$a = a_{\tau} + a_n$$

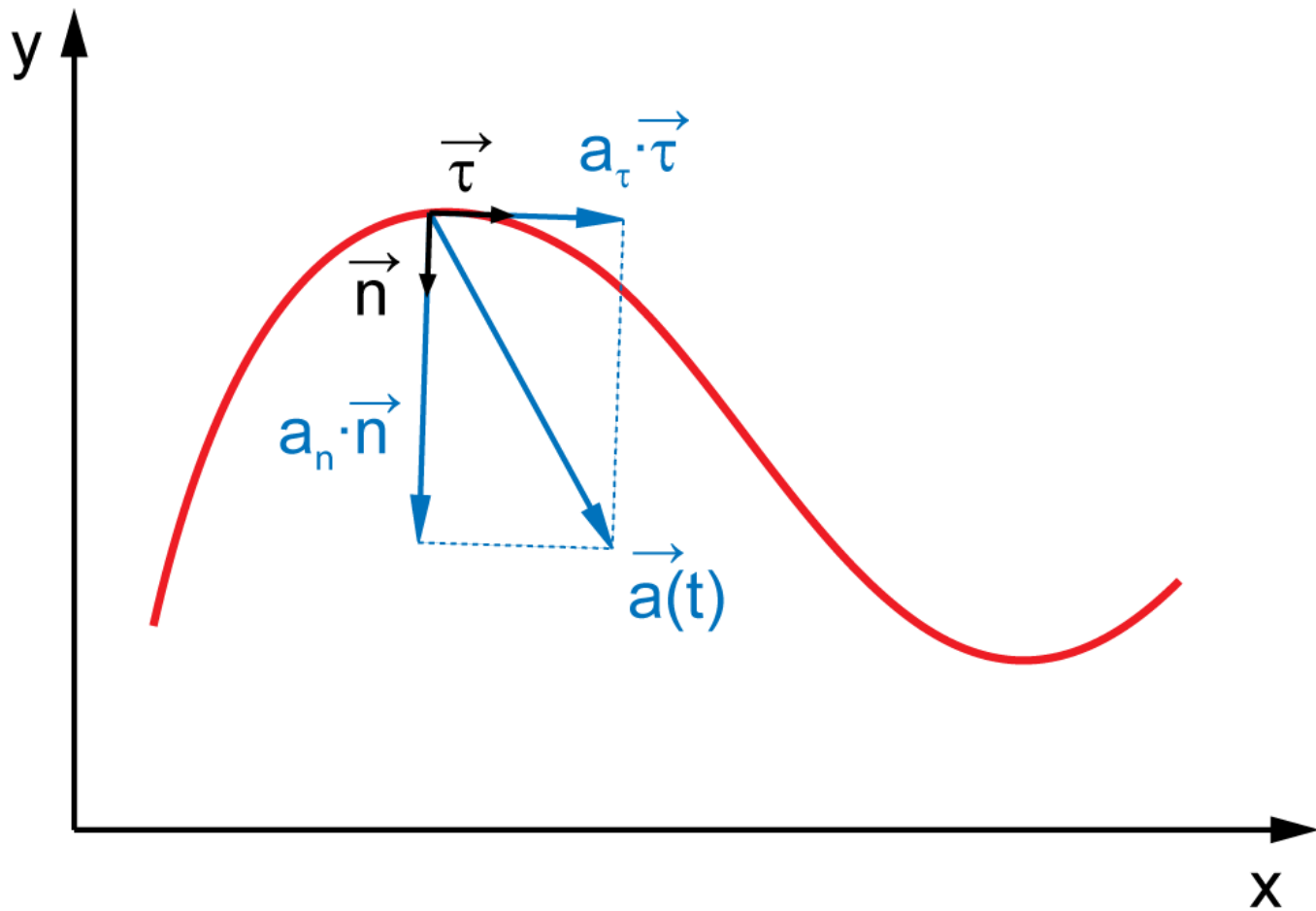


**Тангенстік үдеу  $a_\tau$**  жылдамдықтың модулінің және бағытының өзгеру шапшаңдығын сипаттайды, әрі траектория жанамасының бойымен бағытталады:

$$a_\tau = \frac{d\vec{v}}{dt}; a_\tau = v'.$$

**Нормаль үдеу  $a_n$**  жылдамдықтың бағыты бойынша өзгерісін сипаттайды, жылдамдық векторына перпендикуляр, әрі траекторияның қисықтық центріне бағытталған:

$$a_n = \frac{v^2}{R}$$



Қисық сызықты қозғалыста **толық үдеу**  
тангенциальдық және нормальдық  
үдеулерге жіктеледі.

Нормаль үдеу  $\vec{a}_n$  мен тангенстік үдеу  $\vec{a}_\tau$  өзара перпендикуляр болады. Сондықтан толық үдеу осы екеуінің векторлық қосындысына тең.

$$a = a_n + a_\tau$$

# Толық үдеу модулі

$$\vec{a} = \sqrt{\vec{a}_\tau^2 + \vec{a}_n^2}.$$

Кез келген бірдей уақыт аралығында қозғалыс жылдамдығы сәйкес бірдей шамаға өзгеріп отыратын қозғалысты **бір қалыпты айнымалы қозғалыс** деп атайды.

$$a_\tau = \text{const} \neq 0$$

## Түзу сызықты қозғалыс

$$a_T = 0 \quad a_n = 0$$

## Бір қалыпты үдемелі қозғалыс

$$a_T = \text{const} > 0$$

## Бір қалыпты кемімелі қозғалыс

$$a_T = \text{const} < 0$$

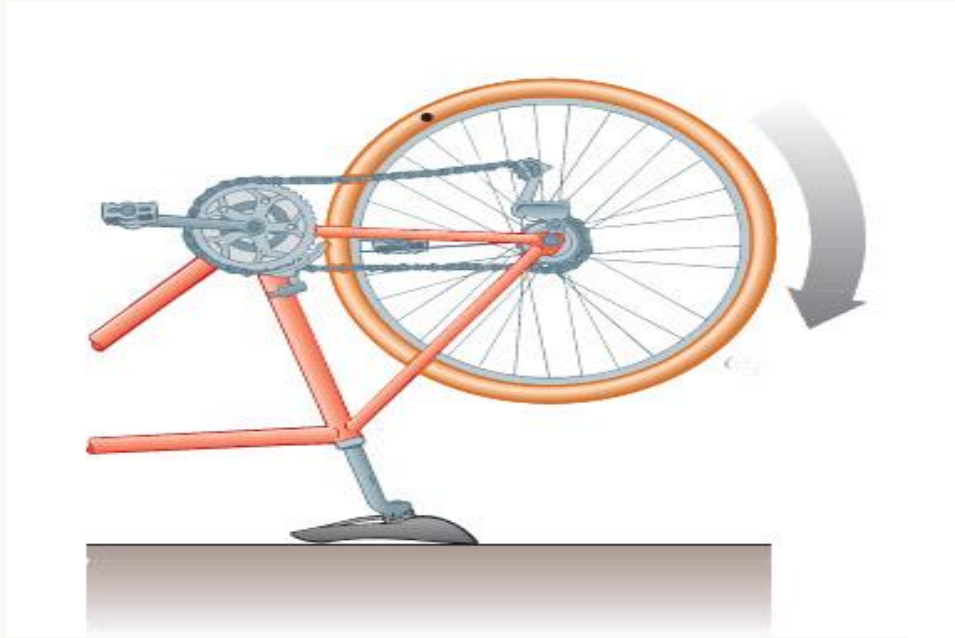
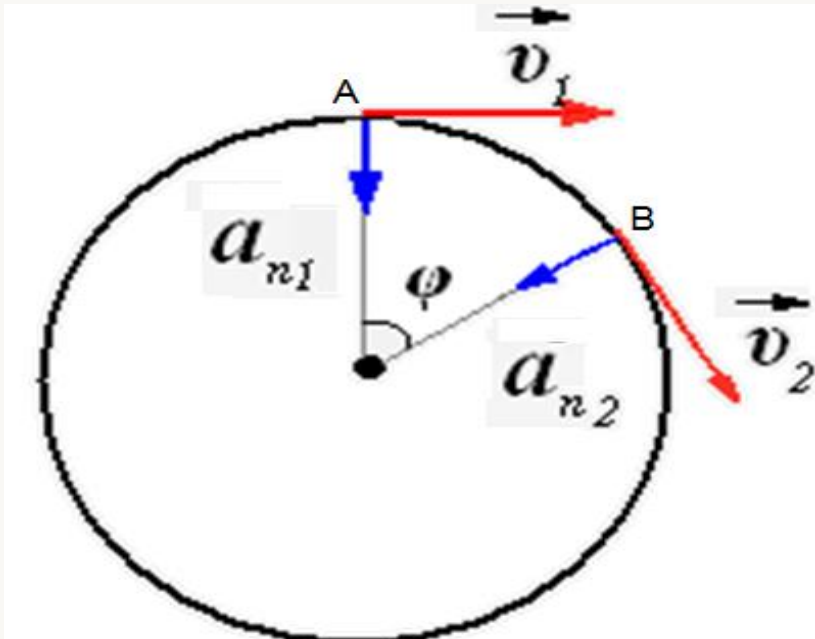
## Бір қалыпты шеңбер бойымен

$$a_\tau \neq 0 \quad a_n \neq \text{const}$$

**Айналмалы қозғалыс.  
Айналмалы қозғалыстың  
негізгі сипаттамалары**



**Айналмалы қозғалыс деп** абсолютті қатты дененің барлық нүктелерінің шеңбер бойымен бір қалыпты қозғалысын айтады.

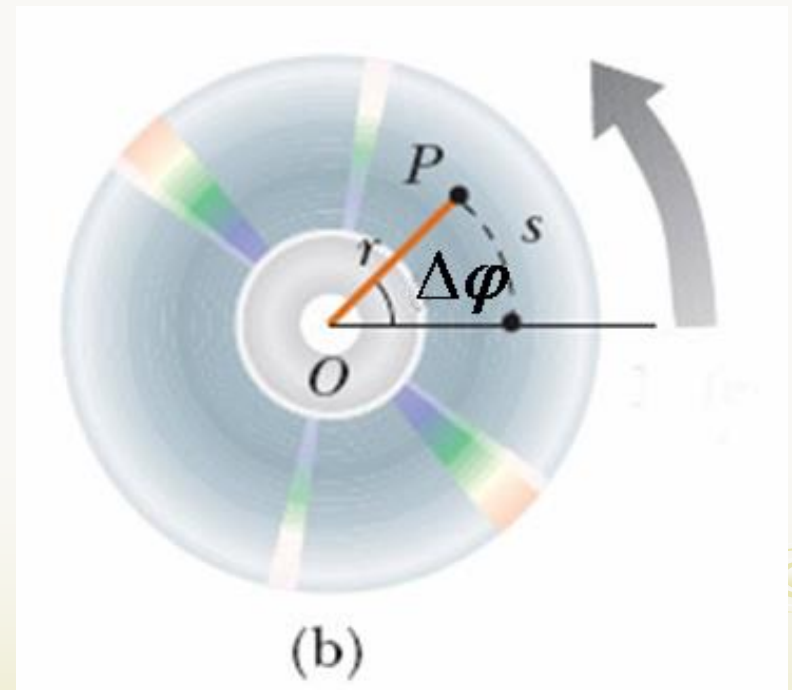
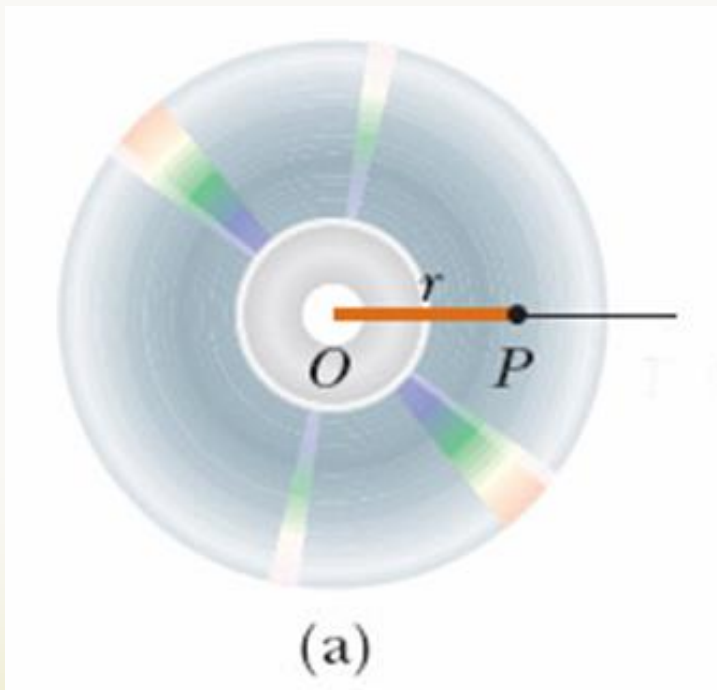


Қозғалыс кезінде дененің деформациялануы (өлшемдері мен формасының өзгеруі) қозғалысқа әсер етпейді деп есептейміз, яғни оларды- **абсолютті қатты дене** деп атаймыз.



# Бұрыштық жылдамдық

Бұрыштық жылдамдық — қатты дененің айналу шапшаңдығын сипаттайтын векторлық шама.



$$\omega = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

$$\omega = \frac{d\phi}{dt}$$

Период – дененің бір айналымға жұмсаған уақыты.

$$T = \frac{t}{N} \quad [T] = c.$$

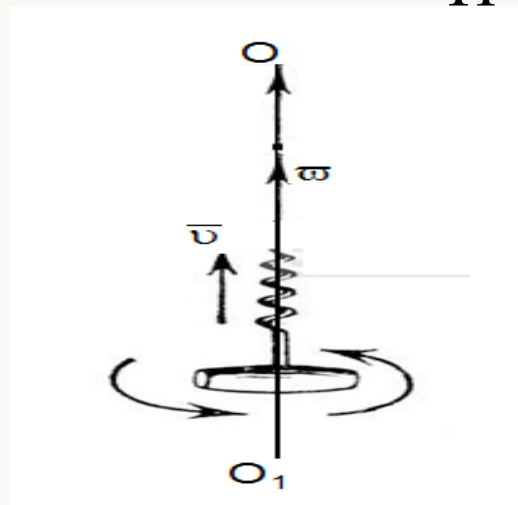
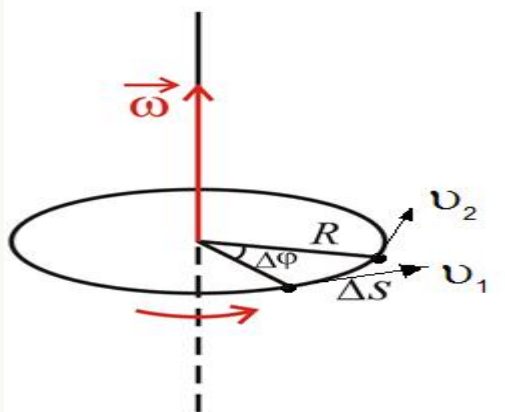
Жиілік – бірлік уақытта жасалған айналым саны.

$$\nu = \frac{N}{t} \quad [\nu] = \Gamma\zeta.$$

$$T = \frac{1}{\nu} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu; \quad [\omega] = \text{rad} / c.$$



**Бұрыштық жылдамдық** - бұрылу бұрышының уақытқа байланысты өзгерісі және оң бұрғы ережесімен анықталады (буравчик)



**Бұрыштық жылдамдық модулі** айналу бұрышының модулінен уақыт бойынша алынған туындыға тең.

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = \frac{d\phi}{dt} = \phi'$$

**Бір қалыпты айналу**

$$\phi = \omega t$$

**Бір қалыпты үдемелі айналу**

$$\phi = \omega_0 t + \frac{\epsilon t^2}{2}$$

# Бұрыштық үдеу

Бұрыштық үдеу — бұрыштық жылдамдықтың өзгеру шапшаңдығын сипаттайтын векторлық шама;

$$\varepsilon_{\text{орт}} = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}. \quad \varepsilon = \frac{d\omega}{dt}.$$

Айналыс бірқалыпты болмаған кезде берілген уақыт мезетіндегі бұрыштық үдеу (лездік үдеу) мынаған тең:

$$\vec{\varepsilon} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{\omega}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \vec{\omega}'.$$

# СЫЗЫҚТЫҚ ЖЫЛДАМДЫҚ ПЕН БҰРЫШТЫҚ ЖЫЛДАМДЫҚ АРАСЫНДАҒЫ БАЙЛАНЫС

$$v = \omega R$$

$$\omega = \frac{v}{R}$$

Нормаль үдеу

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

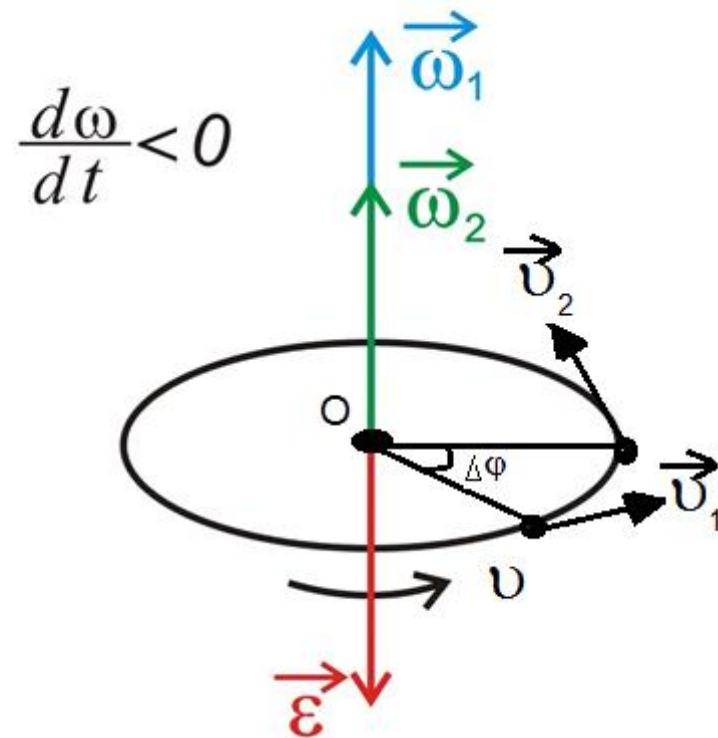
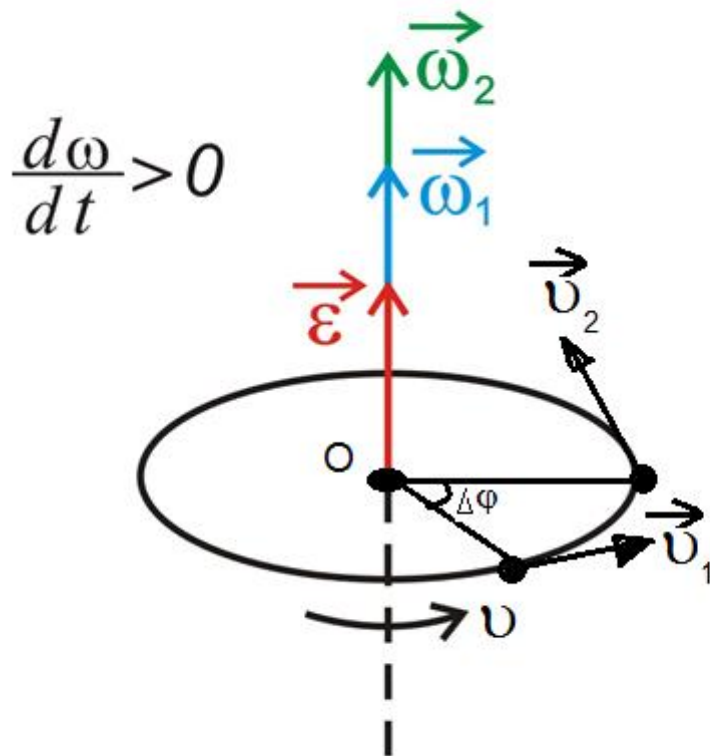
**Нормаль үдеу**  $a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R.$

**Тангенциальды үдеу**  $a_\tau = \frac{dv}{dt} = R \frac{d\omega}{dt} = R\varepsilon.$

**Толық үдеу модулі**

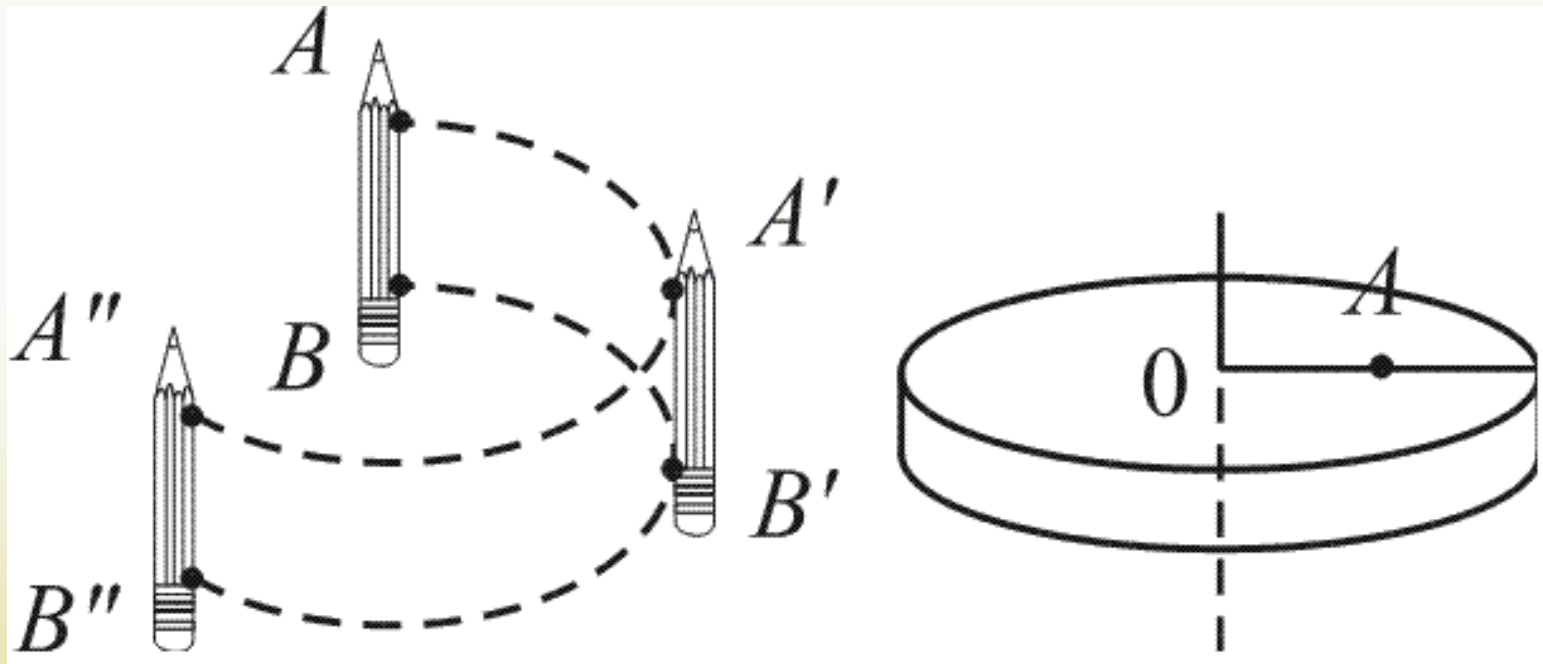
$$\vec{a} = \sqrt{\vec{a}_\tau^2 + \vec{a}_n^2} = R\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$$

Үдемелі қозғалыс кезінде вектор  $\vec{\varepsilon}_1$  және вектор  $\vec{\varepsilon}_2$  айналу осімен бағыттас, ал кемімелі қозғалыс кезінде қарама-қарсы болады.



# Ілгерілемелі қозғалыс

**Ілгерілемелі қозғалыс** деп дененің кез-келген екі нүктесін қосатын түзу сызық орын ауыстыру кезінде, өзінің бастапқы бағытына параллель болып қалатын қозғалысты айтады.





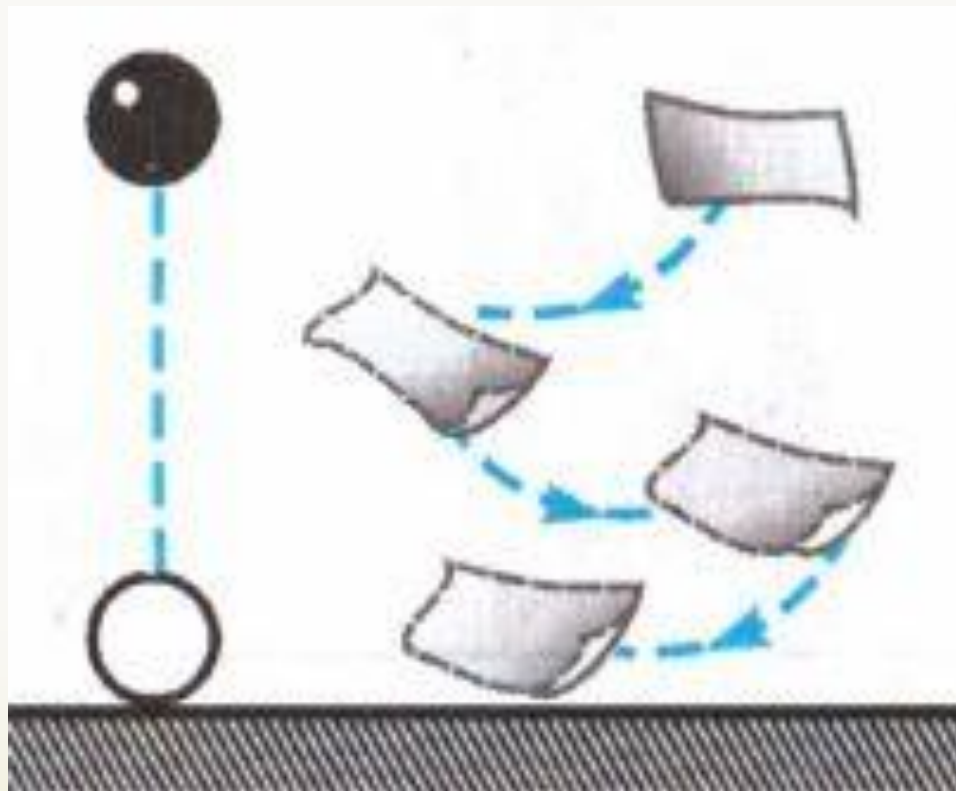
# Дененің еркін түсуі

Жерге қатысты белгілі бір биіктіктен бастапқы жылдамдықсыз түсірілген дененің Жердің тартылысы әсерінен жасайтын қозғалысы.

Үйкеліс күші жоқ ортада құлайтын кез келген дененің үдеуі

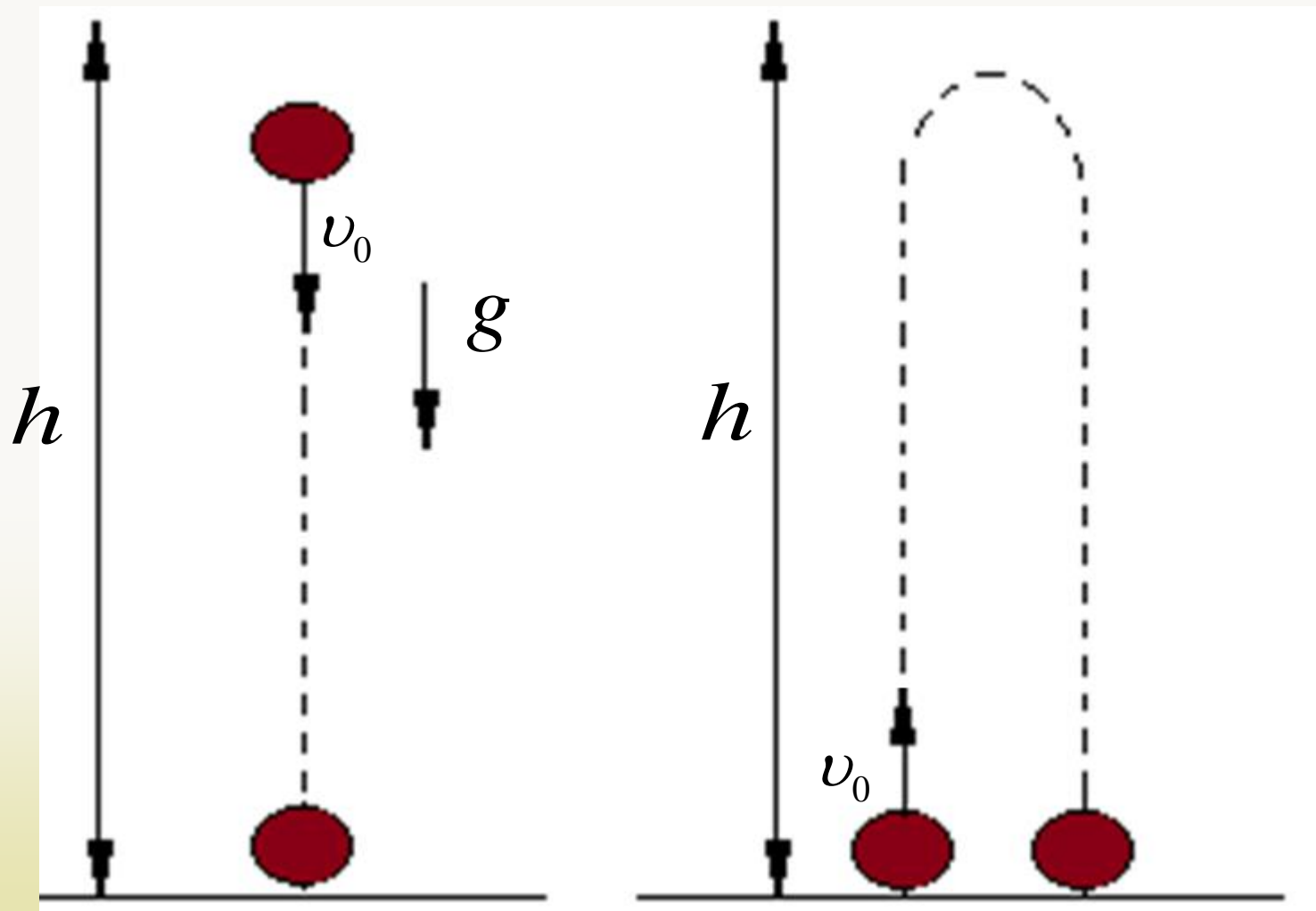
$$g = 9,8 \text{ м} / \text{с}^2 \approx 10 \text{ м} / \text{с}^2.$$

# Дененің еркін түсуі



Ауыр шардың құлауы мен жұқа қағаз парағының күрделі траектория бойымен қалықтап түсуі.

Жоғарыдан төменге, төменнен жоғарыға қарай белгілі бір жылдамдықпен лақтырылған дененің қозғалысы



# Еркін түсу үдеуін сипаттайтын теңдеулер

$$v = v_0 \pm gt$$

-  $t$  уақыттан кейінгі жылдамдық

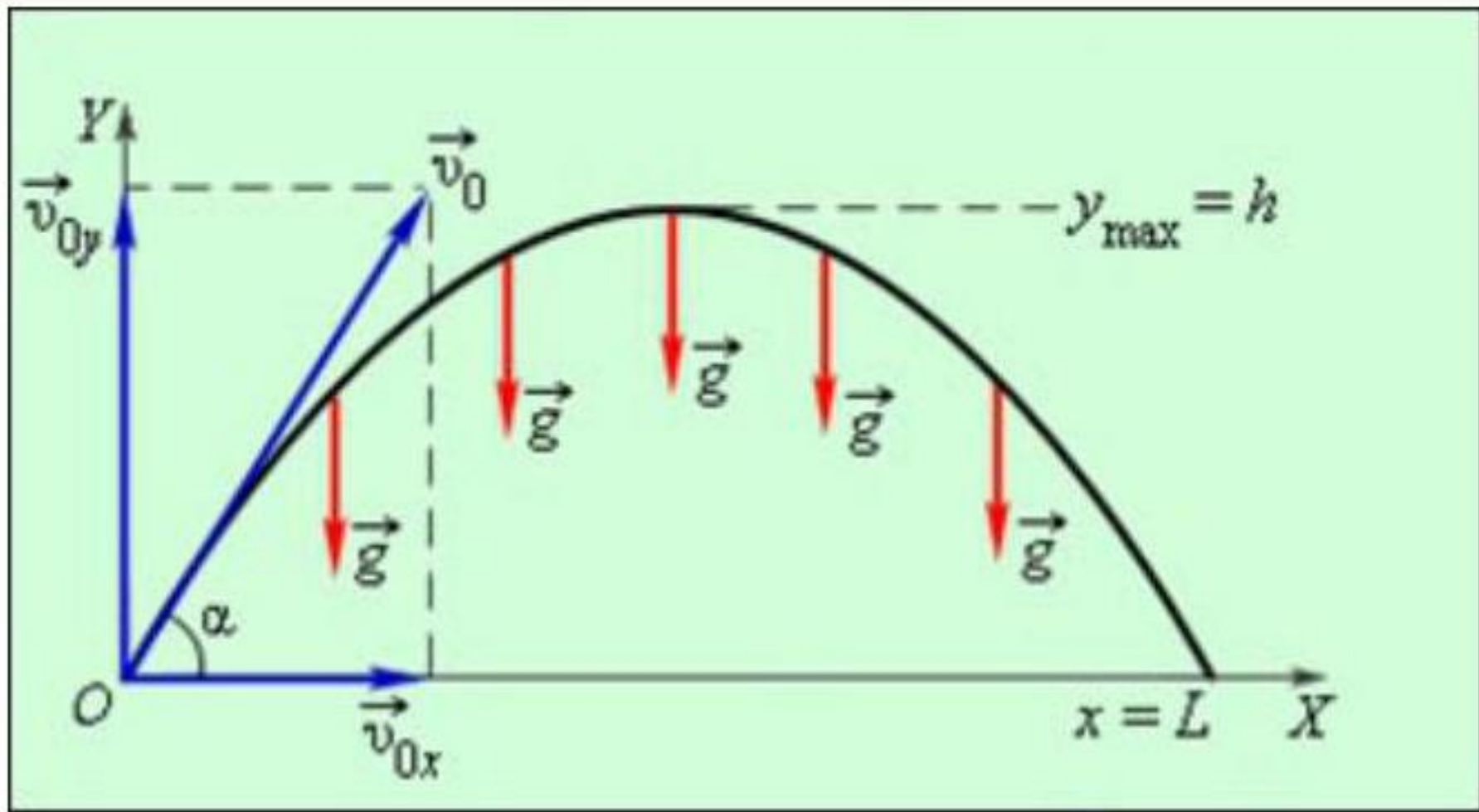
$$h = v_0 t \pm \frac{1}{2} gt^2$$

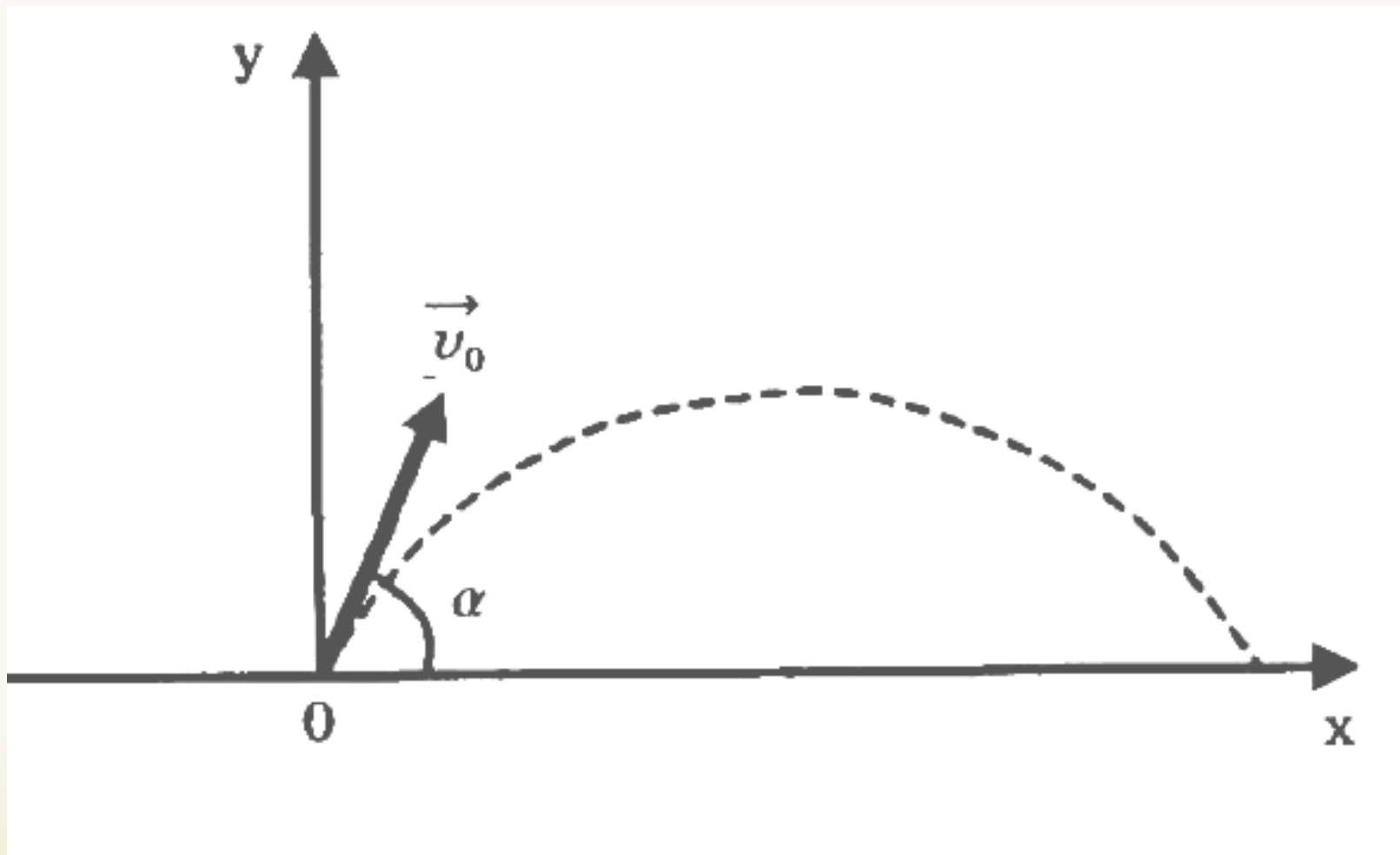
-  $t$  уақытта жүрілген жол

$$v^2 = v_0^2 \pm 2gh$$

- уақытқа тәуелсіз жылдамдық

# Көкжиекке бұрышпен лақтырылған дененің қозғалысы





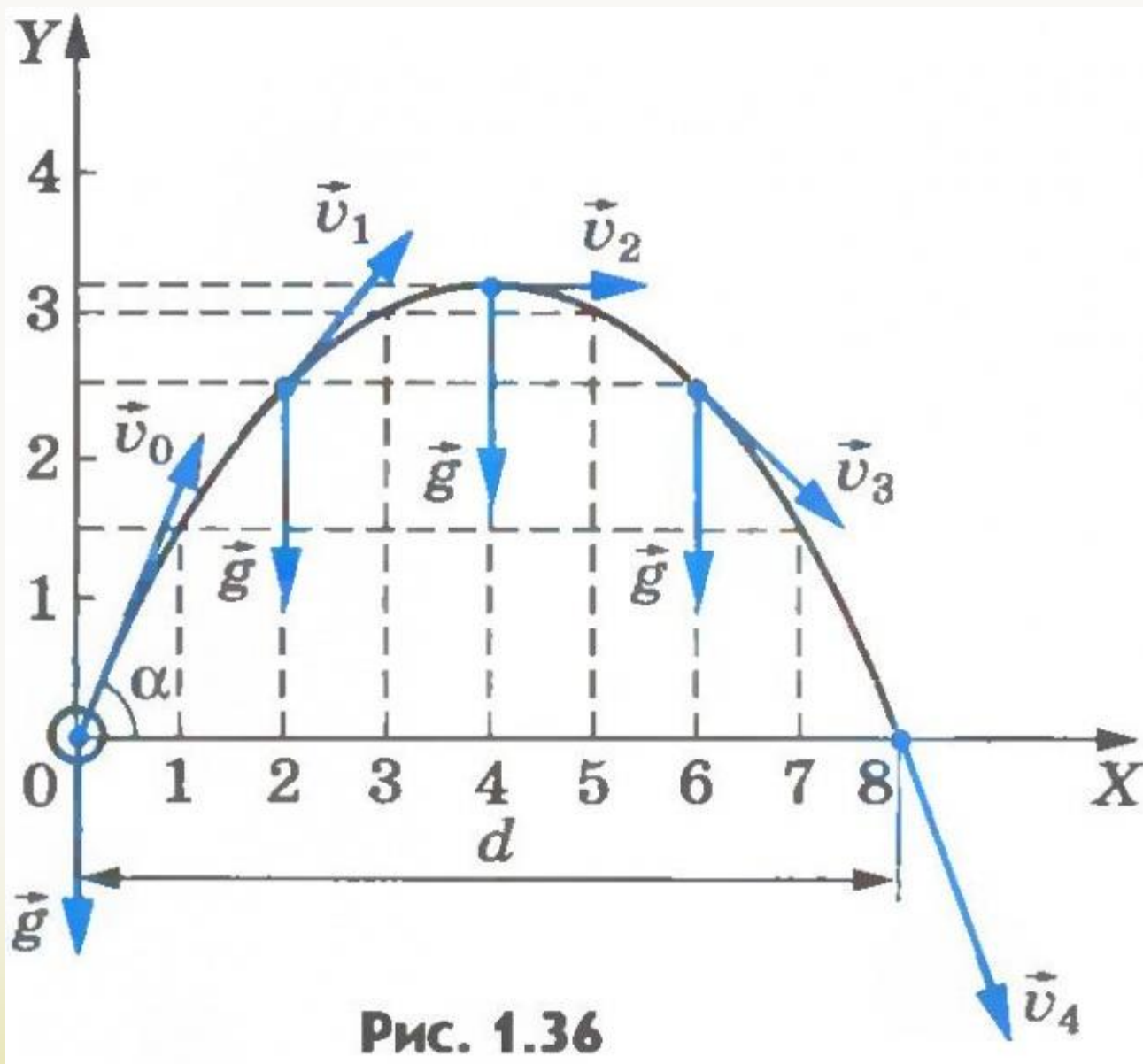
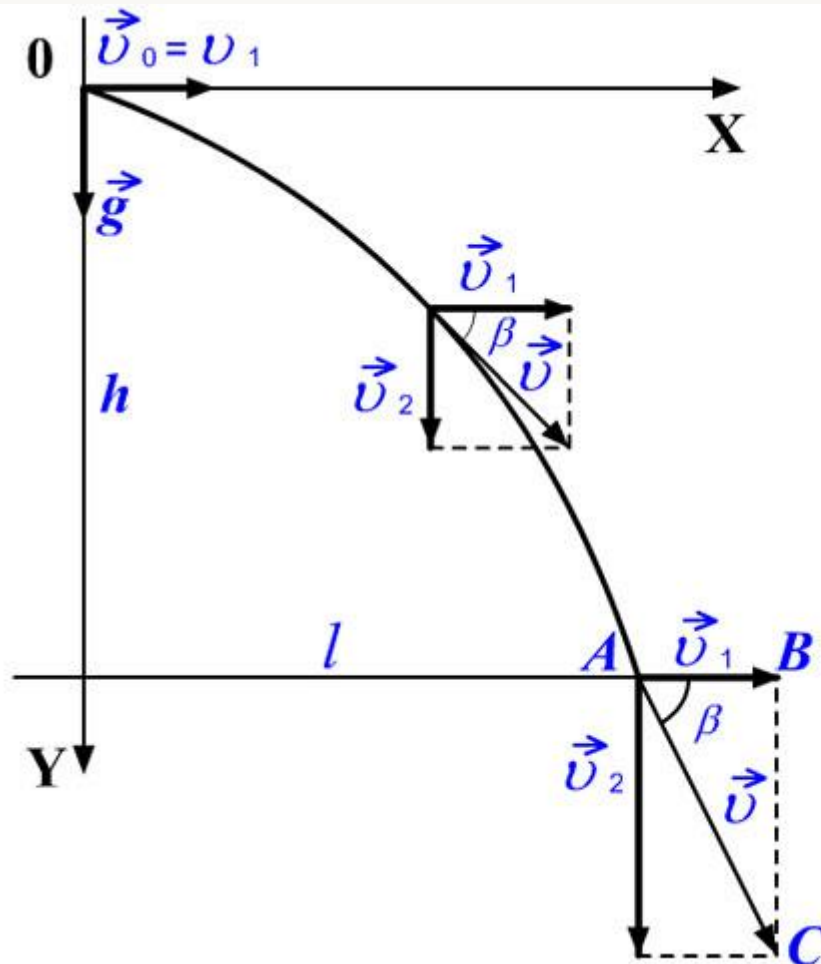


Рис. 1.36

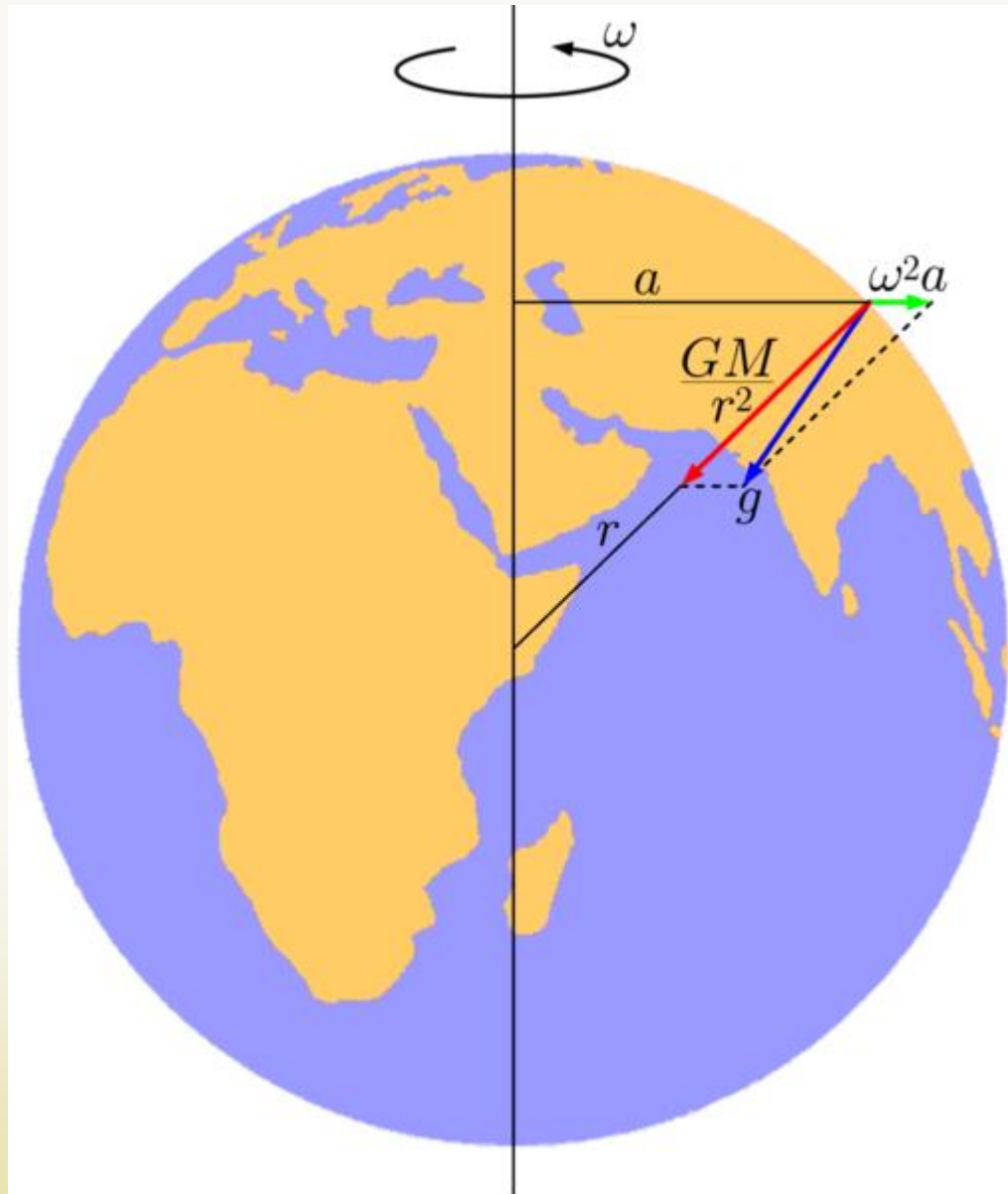


$$v_2 = -gt$$

$$l = v_1 t$$

$$y = h - \frac{1}{2}gt^2$$





# Бақылау сұрақтары

- Материалық нүкте деп нені айтады?
- Санақ жүйесі деп нені айтады?
- Қозғалыстың траекториясы деп нені айтады?
- Радиус вектор деп нені айтады?
- Материалық нүкте қозғалысының жылдамдығы деп нені айтады?
- Материалық нүктенің үдеуі деп нені айтады?
- Бірқалыпты қозғалыс деп қандай қозғалысты айтады?  
Бірқалыпты қозғалыстың теңдеуін келтіріңіз?
- Бірқалыпты қозғалыс деп қандай қозғалысты айтады?  
Жолдың уақытқа тәуелділігі графигінен бірқалыпты қозғалыс үшін салынған қозғалыстың жылдамдығын қалай анықтайды?

- Қандай қозғалысты бірқалыпты айнымалы қозғалыс деп атайды? Бірқалыпты айнымалы қозғалыстың теңдеуін жазыңыз?
- Қандай қозғалысты бірқалыпты айнымалы қозғалыс деп атайды? Бірқалыпты айнымалы қозғалыс үшін үдеудің екі мәніне байланысты жылдамдықтың уақытқа байланысты графиктерін сызыңыз?
- Бұрыштық жылдамдық деп нені айтады? Бұрыштық жылдамдықтың векторы қалай бағытталған? Бұрыштық жылдамдық мен сызықтық жылдамдық арасында қандай байланыс бар?
- Бұрыштық үдеу деп нені айтады? Бұрыштық үдеудің векторы қалай бағытталған?
- Нормаль үдеу нені сипаттайды?
- Сызықтық және бұрыштық шамалардың арасында қандай байланыс бар?
- Шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалыс жасап келе жатқан бөлшектің тангенциалды және нормаль үдеулері неге тең?

# Әдебиеттер тізімі

- 1. Савельев И.В. Жалпы физика курсы. 1 том. Алматы, 2010– 505 б.
- 2. Савельев И.В. Жалпы физика курсы. 2 том. Алматы. 2010, 429 б.
- 3. Трофимова Т.И. Физика курсы: ЖОО-лар үшін оқу құралы, 15 басылымы., М: "Академия" баспа орталығы , 2011. – 482 бет.
- 4. Савельев И.В. Курс физики в 3-х томах. – М.: Наука, 2010. – 1 т, 2 т.
- 5. Койшибаев Н. Механика, 1 том, Алматы 2005 ж, 494 бет
- 6. Бижігітов Т. Жалпы физика курсы, Алматы 2013, 889 б.
- 7. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики для вузов. – М.: Оникс 21 век, 2007 – 384 с.
- 8. Савельев И.В. Жалпы физика курсы 3 том, Қарағанды -2012, 324 б
- 9. Трофимова Т.И. Курс физики. – М.: АСADEMIА, 2007. – 558 с.



*Назарларыңызға рахмет!*

