УДК 53

А.И. ИСМАНБАЕВ
КГУСТА им. Н. Исанова,
Бишкек, Кыргызская Республика
e-mail: ainagul.amankulova@mail. ru
A.I. ISMANBAEV
KSUCTA n.a. N. Isanov,
Bishkek, Kyrgyz Republic

К.Н. БЕРДИБЕКОВА
КГУСТА им. Н. Исанова,
Бишкек, Кыргызская Республика
e-mail: ainagul. amankulova@mail. ru
K.N. BERDIBEKOVA
KSUCTA n.a. N. Isanov,
Bishkek, Kyrgyz Republic
E.mail. ksucta@elcat.kg

НЕГИЗГИ ФИЗИКАЛЫК ЧОҢДУКТАРДЫН МЕХАНИКАЛЫК КЫЙМЫЛДАРДЫ ОКУУДА КОЛДОНУЛУШУ

ПРИМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН ПРИ ИЗУЧЕНИИ МЕХАНИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ

Телолордун механикалык кыймылдарын өздөштүрүүдө негизги физикалык чоңдуктарды колдонуу ыкмалары каралган.
Өзөктүү сөздөр: *негизги физикалык чоңдуктар, туунду чондуктар, механикалык кыймылдар.*

Применение основных физических величин при изучении механических движений тел.
Ключевые слова: *основные физические величины, механическое движение.*

Using of the basic phisical values in studying of mechanical movement of boics.
Key words: *basic physical quantities, mechanical movement.*

Табиятта кубулуштарды окуп үйрөнүү үчүн физикалык чоңдуктар колдонулат, алардын ченөө бирдиктери тиешелүү куралдардын, приборлордун жардамы менен аныкталат. Бирдик ченөө системасын түзүүдө эркин түрдө бири – биринен көз карандысыз бир нече физикалык чондуктар иргелип алынат, алар негизги физикалык чондуктарды түзөт. Ал эми кубулуштарды изилдөө учурунда негизги физикалык чоңдуктар өзгөрүү менен туунду чоңдуктардын (бирдиктердин) тобун түзөт.

Бирдиктүү Интернационалдык системаны (СИ) түзүүдө жети негизги чоңдук, же жети негизги бирдиктер – метр, килограмм, секунда, Ампер, Кельвин, моль, кандела колдонулат.

Жолдун узундугу метр (м)
Убакыт (с)
Телонун массасы (кг)
Термодинамикалык температура (К)
Заттын саны моль (ν)
Жарык күчү кандела (кд)
Токтун күчү (А)

Негизги жана туунду физикалык чоңдуктарды ченөө, аныктоо менен алардын өз ара

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

байланыштары, математикалык көз карандылыктары, кубулуштардын формулалар, закондор катары жазылып, окулушу колдонулат.

Иштин максаты: негизги физикалык чоңдуктар S (телонун кыймылындагы басып өткөн жолунун узундугу) жана tны (телонун бир чекиттен экинчи чекитке жылышына кеткен убакыт) иреттүү колдонуу менен механикалык кыймылдарды өздөштүрүүнүн, окулушунун жана жазылышынын методикалык ыкмаларын окуу процесстерине карата иштеп чыгуу маселеси каралат.

Механиканын физикалык негиздери. Механика – материалдык телолордун (заттардын) мейкиндикте кыймылда болуп, алардын өз-ара аракеттениши жөнүндөгү илим. Изилденүүчү маселенин шарттарына карата механика статика, кинематика жана динамика болуп бөлүнөт.

Кинематика телонун ар түрдүү кыймылдарын окутуу менен бирге бул кыймылдарды пайда кылуучу себептери шарттуу түрдө эске алынбайт. Негизги максаты – телолордун басып өткөн жолун (траекториясын), которулуш (жылыш) векторун, ылдамдыгынын жана ылдамдануусунун багытын, ылдамдануунун түрлөрүн аныктайт.

Динамика телолордун (заттардын) ар кандай кыймылдарын жана аларды пайда кылуучу себептерин изилдейт.

Статика телолордун тең салмакта жана алардын тынч абалда болуу шарттарын аныктайт.

Механикалык кыймыл. Материалдык чекит. Механикалык кыймыл, бул убакыттын өтүшү менен мейкиндикте башка телолорго салыштырмалуу каралып жаткан телонун абалынын өзгөрүшү. Механикалык кыймыл татаал процесстердин катарына киргендиктен аны окуп үйрөнүү бир топ кыйынчылыктарды пайда кылат . Бул кыйынчылыктарды байкоо жана изилдөөнүн негизинде кандайдыр бир абстракциялык түшүнүктү колдонууга туура келет. Мисалы, кыймылда каралып жаткан телонун чоңдугу, өлчөмү көңүлгө аларлык болбосо (эң эле кичине), анда бул телону материалдык чекит деп кароого болот. Материалдык чекит абстракциялык түшүнүк болуу менен реалдуу нерсени сүрөттөп, анын татаал кыймылын изилдөөдө эң жөнөкөй түргө алып келет. Эгерде снаряд же планетанын кыймылы материалдык чекиттин кыймылы катары каралса, анда алардын өлчөмү (диаметри, радиусу) траекторияларынын өлчөмүнөн бир топ эле кичине болот. Телолордун кыймылдары дайыма мейкиндик жана убакытка карата болот, анткени убакыт t менен белгиленип негизги физикалык чоңдук болуу менен кубулуштардын, процесстердин созулушун (өтүүсүн) аныктайт.

Эсептөө системасы, траектория жана которулуш (жылыш) вектору. Кыймылдарды окуп үйрөнүүдө эсептөө системасы колдонулат. Эсептөө системасы үчүн салыштырмалуу түрдө өз ара кыймылсыз абалда болгон эсептөө телолорунун тобун , жыйындысын (системасын), ошондой эле кыймылсыз абалдагы бир эле телонун бөлүктөрүн алууга болот. Жер бетиндеги телолордун кыймылдарын изилдөөдө Жердин өзү кыймылсыз абалда деп, шарттуу түрдө эсептөө системасы катары кароого болот.

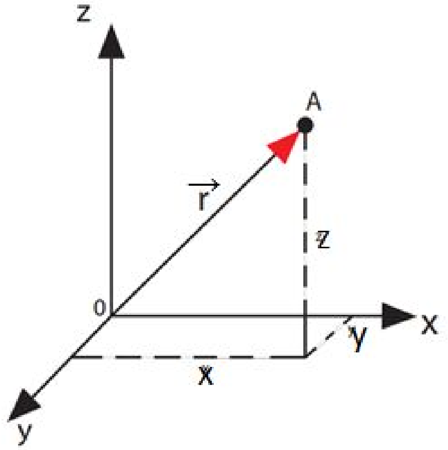
Телонун кыймылын материалдык чекит А (1-сүрөт) менен алмаштырып, эсептөө системасынын ордуна тик бурчтуу координаттык системаны колдонуунун натыйжасында материалдык чекиттин кыймыл абалын математикалык көз карандылык түрүндө жазууга болот.

Декарт координаттык системасында А чекитинин абалы (орду) x,y,z координаталары менен аныкталат. Координаттык системанын башталышынан каралып жаткан чекитке чейинки $\overrightarrow{OA} = \vec{r}$–радиус-вектору менен мүнөздөлөт (1- сүрөт). x – абсцисса, y – ордината, z – аппликата. Материалдык чекит А кыймылга келгенде анын координаталары (x,y,z), r – радиус-вектору убакыттын өтүшү менен өзгөрүүгө дуушар болуп, убакыттан көз каранды функцияга айланат.

$\vec{r} = \vec{r}\,(t)$ (1) анда

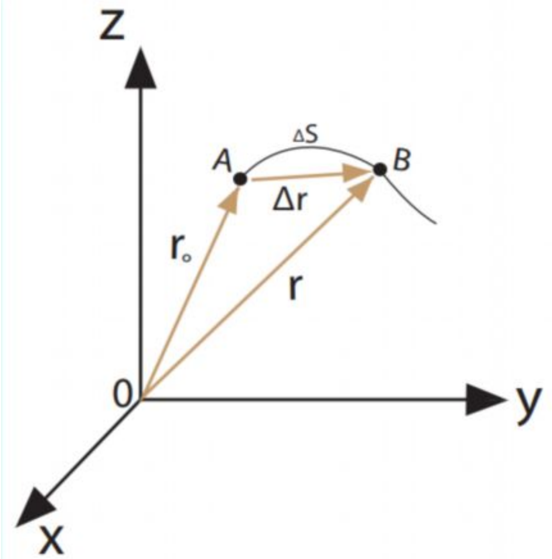
$$x = x(t)$$
$$y = y(t) \qquad (2)$$
$$z = z(t)$$

Материалдык чекиттин А абалынан В абалына жылгандагы траекториясын карап көрөлү (2-сүрөт).



1-сүрөт. Кыймылдагы материалдык чекит

Кыймылдагы материалдык чекиттин убакыттын кандайдыр бир маанилерине туура келген абалдарын удаалаш туташтырууда пайда болгон сызык ал материалдык чекиттин траекториясы деп аталат. АВ траекториясынын өлчөмү материалдык чекиттин кыймыл учурунда басып өткөн ΔS жолдун узундугу деп аталат да, скалярдык чоңдук болуп эсептелет. Материалдык чекиттин баштапкы абалынан акыркы абалына багытталган вектор $\overrightarrow{\Delta r}=\vec{r}-\vec{r_0}$ которулуш вектору деп аталат. Которулуш вектору материалдык чекиттин кыймылынын багытын аныктайт (2-сүрөт).



2-сүрөт. Кыймылдагы материалдык чекиттин которулуш вектору

Түз сызыктуу кыймыл учурунда которулуш векторунун модулу $|\overrightarrow{\Delta r}|$ басып өткөн жол ΔS ке барабар (3-сүрөт), которулуш вектору

$$\overrightarrow{\Delta r} = \vec{r} - \vec{r_0}$$

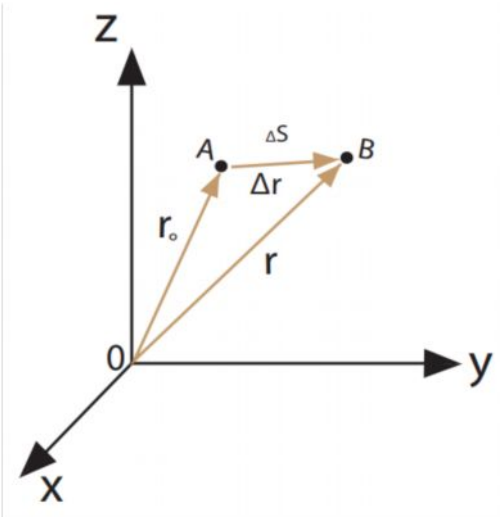
$$|\overrightarrow{\Delta r}| = \Delta S \qquad (3)$$

жалпы учурда

$$|\overrightarrow{\Delta r}| \neq \Delta S \qquad (4)$$

барабар эмес.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com
ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com



3-сүрөт. Которулуш векторунун модулу

Ийри сызыктуу кыймыл үчүн $|\overrightarrow{\Delta r}| = \Delta S$ ке барабардыгы убакыттын эң эле кичине маанисине туура келет. Эгер $\overrightarrow{\Delta r} \to 0$ болсо

$$\lim_{\Delta r \to 0} \frac{\Delta S}{|\overrightarrow{\Delta r}|} = 1 \qquad (5)$$

Жолдун узундугу материалдык чекиттин которулуш векторунун модулуна барабар. Узундуктун чен бирдиги үчүн СИ системасында метр (м), ал эми убакыттын бирдиги үчүн секунда (с) колдонулат.

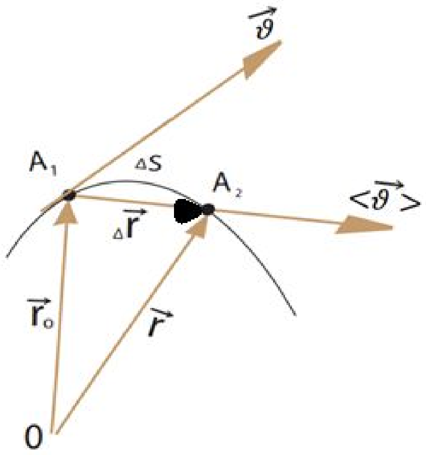
Корутунду: негизги физикалык чоңдуктарды Sти (телонун кыймылдагы басып өткөн жолу) жана tны (телонун бир чекиттен экинчи чекитке, жылышына кеткен убакыттын) колдонуу менен которулуш вектору $\overrightarrow{\Delta r}$ аныкталып, телонун кыймылынын (которулушун) багытын толук изилдеп алуу мүмкүнчүлүгү түзүлөт.

Негизги физикалык чоңдуктар S (жол) жана t (убакыт)- ларды колдонуу менен материалдык чекиттин кыймылынын мүнөздөлүшү

Траектория менен которулуш вектору кыймылдын геометриялык мүнөздөмөлөрү болуп саналат. Эгерде эки материалдык чекит ар кандай убакыттын маанисинде геометриялык бирдей которулуш векторуна ээ болсо, анда алардын кыймылдарынын кинематикасы өзгөчөлөнүп, ар кандай болот. Анткени материалдык чекиттин кинематикасы чекиттин абалынын өзгөрүшүнөн түздөн-түз көз каранды. Чекиттин абалынын өзгөрүшүнүн тездигин көрсөтүүчү вектордук физикалык чоңдук ылдамдык деп аталат.

Убакыттын Δt маанисинде A1 абалынан A2 ге которулат да, которулуш вектору $\overrightarrow{\Delta r}$ барабар болот. Чекиттин абалынын өзгөрүшүнүн тездигин $\frac{\overrightarrow{\Delta r}}{\Delta t}$ катышы менен табабыз да, аны кыймылдын орточо ылдамдыгы деп атап, мындайча жазып алабыз:

$$< \vec{\vartheta} > = \frac{\overrightarrow{\Delta r}}{\Delta t} \qquad (6)$$



4-сүрөт. Векторлордун багыты

$$<\vartheta> = |<\vec{\vartheta}>| = \frac{|\overrightarrow{\Delta r}|}{\Delta t} \qquad (7)$$

Орточо ылдамдык вектору $<\vartheta>$ багыты боюнча которулуш векторунун $\overrightarrow{\Delta r}$ багыты менен дал келет (4-сүрөт). Орточо ылдамдык векторун колдонуп А1 чекити үчүн көз ирмемдеги ылдамдык векторун аныктап алууга болот, убакыттын эң кичине мааниси үчүн чегине өтүп, мындайча жазабыз. Ылдамдыктын бул мааниси кирпик каккыча ылдамдык деп аталат.

$$\vec{\vartheta} = \lim_{A_2 \to A_1} <\vec{\vartheta}> = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\overrightarrow{\Delta r}}{\Delta t} = \frac{\overrightarrow{dr}}{dt} \qquad (8)$$

Ал эми бул вектордун скалярдык маанисин мындайча жазабыз.

$$\vartheta = |<\vec{\vartheta}>| = \left|\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\overrightarrow{\Delta r}}{\Delta t}\right| = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt}$$

$$\vartheta = \frac{ds}{dt} \qquad (9)$$

Материалдык чекиттин ылдамдыгынын сандык мааниси басып өткөн жолдун узундугунан убакыт боюнча алган туундуга барабар.

Бир калыпта кыймылдаган материалдык чекиттин ылдамдыгы төмөнкүдөй жазылат:

$$\vartheta = \frac{s}{t} \qquad (10)$$

СИ системасында ылдамдык $^{м}/_{с}$ менен өлчөнөт.

Бир калыпта кыймылдагы тело убакыттын бирдигинде бирдей аралыктагы жолду басып өтүп, ылдамдыктын сандык маанисин аныктайт. Ал эми ылдамдыктын багыты которулуш векторунун багыты менен дал келет.

Корутунду: негизги физикалык чоңдуктарды - S (жол) жана t (убакыт) ларды колдонуу менен материалдык чекиттин кыймылын мүнөздөөчү физикалык туунду чоңдук ылдамдык $\boldsymbol{\vartheta}$ аныкталат. Телонун бир калыпта кыймылын жана багытын изилдөөдө негизги физикалык чоңдуктар S жана t нын берилиши жетиштүү. Эгерде материалдык чекиттин көз ирмемдеги ылдамдыгынын вектору $\boldsymbol{\vartheta}$ багыты жана чоңдугу боюнча өзгөрбөсө, анда чекиттин бул кыймылын бир калыптагы түз сызыктуу деп айтабыз.

Чекиттин ылдамдануусу. Ал эми материалдык чекит убакыттын белгилүү маанисинде ар кандай узундуктагы жолду басып өтсө, анда көз ирмемдеги ылдамдыктын чоңдугу өзгөрүп, бул учурда чекиттин кыймылы бир калыпта эмес, өзгөрүлмө кыймылга өтөт.

Жалпы учурда карап жаткан материалдык чекит ийри сызык боюнча кыймылдаса, анда чекиттин ылдамдыгы чоңдугу жана багыты боюнча өзгөрөт. Мисал үчүн материалдык чекиттин траекториясында жайгашкан анын эки абалын А1, А2 карап көрөлү (4–сүрөт). Чекиттин А1 абалынын ылдамдыгы $\overrightarrow{\vartheta_1}$, ал эми А2 абалынын ылдамдыгы $\overrightarrow{\vartheta_2}$, траекторияга

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

жаныма сызык боюнча багытталган. Ылдамдыктар $\overrightarrow{\vartheta_1}$, $\overrightarrow{\vartheta_2}$ багыты жана чоңдугу боюнча айырмаланышат. Шарттуу түрдө $\overrightarrow{\vartheta_2}$ векторун А1 абалына карата параллель түрдө которобуз, андан кийин $\overrightarrow{\vartheta_1}$ жана $\overrightarrow{\vartheta_2}$ векторлорун туташтырып, $\Delta\overrightarrow{\vartheta}$ векторун алабыз.

Сүрөттө көрсөтүлгөндөй $\Delta\vec{\vartheta} = \overrightarrow{\vartheta_2} - \overrightarrow{\vartheta_1}$ (10)

$\overline{\Delta\vec{\vartheta}}$ вектору Δt – убактысында $\overrightarrow{\vartheta_1}$ векторунун өсүшүн (чоңоюшун) көрсөтөт.

Ал эми $\frac{\Delta\vec{\vartheta}}{\Delta t}$ га болгон катышы материалдык чекиттин орточо ылдамдануусун берет.

$$< \vec{a} > = \frac{\overline{\Delta\vartheta}}{\Delta t}, \quad (11)$$

Материалдык чекиттин ылдамдануусу

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{\vartheta}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\vartheta}}{dt} \quad (12)$$

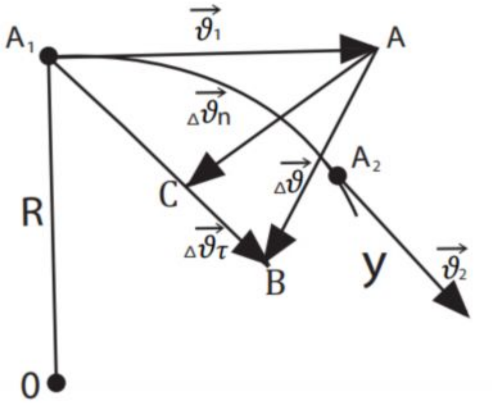
Телонун орточо ылдамдануусу багыты боюнча, анын убакыт бирдигине туура келген орточо ылдамдыгына түз пропорциялаш болот.

A_1B кесиндисинен $\overrightarrow{\vartheta_1}$ векторунун узундугуна туура келген кесиндини A_1C менен белгилеп алабыз. Ошондой эле А жана С чекиттерин туташтырып $\Delta\overrightarrow{\vartheta_n}$ векторун түзөбүз. АВС үч бурчтугун колдонуп (5-сүрөт) ылдамдыктын векторунун өзгөрүшүн төмөнкүдөй жазабыз.

$$\Delta\vec{\vartheta} = \Delta\overrightarrow{\vartheta_n} - \Delta\overrightarrow{\vartheta_\tau} \quad (13)$$

$\Delta\overrightarrow{\vartheta_\tau}$ болсо Δt убактынын ичинде ылдамдыктын чоңдугу боюнча өзгөрүшүн көрсөтөт. $\Delta\overrightarrow{\vartheta_\tau} = \overrightarrow{\vartheta_2} - \overrightarrow{\vartheta_1} = \Delta\vec{\vartheta}$,

$\Delta\overrightarrow{\vartheta_n}$ вектору болсо Δt убактынын ичинде ылдамдыктын багыты боюнча өзгөрүшүн көрсөтөт, сүрөттөлүшү боюнча $\Delta\overrightarrow{\vartheta_n}$ вектору траекториянын борборуна багытталган.



5 - сүрөт. АВС үч бурчтугу

(12) жана (11) формулаларын колдонуп төмөнкүнү алабыз:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{\vartheta}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \left(\frac{\Delta\overrightarrow{\vartheta_\tau} + \Delta\overrightarrow{\vartheta_n}}{\Delta t}\right) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\overrightarrow{\vartheta_\tau}}{\Delta t} + \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\overrightarrow{\vartheta_n}}{\Delta t} = \overrightarrow{a_\tau} + \overrightarrow{a_n} \quad (14)$$

Телонун (заттын) толук ылдамдануусу анын тангенциалдык жана нормалдык ылдамдануууларынын түзүүчүлөрүнүн геометриялык суммасына барабар.

$$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{\vartheta}}{\Delta t} = \overrightarrow{a_\tau} + \overrightarrow{a_n} \quad (15)$$

$\overrightarrow{a_\tau}$ вектору ылдамдык векторунун чоңдугу боюнча өзгөрүүсүн көрсөтүп тангенциалдуу ылдамдануу деп аталат.

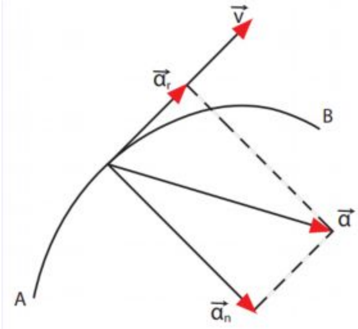
$$a_\tau = |\overrightarrow{a_\tau}| = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\overrightarrow{\vartheta_\tau}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\overline{\vartheta}}{\Delta t} = \frac{d\vartheta}{dt} \quad (16)$$

$\overrightarrow{a_n}$ вектору ылдамдык векторунун багыты боюнча өзгөрүүсүн көрсөтүп (ылдамдануунун нормалдуу түзүүчүсү), бул нормалдуу ылдамдануу деп аталат.

ABBYY PDF Transformer 2.0
Click here to buy
www.ABBYY.com

$$a_n = \lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta\vec{\vartheta_n}}{\Delta t} = \frac{\vartheta^2}{R} \qquad (17)$$

Нормалдуу ылдамдануу траектория АВ га перпендикулярдуу нормалдык сызык боюнча траекториянын ийрилигинин борборуна карата багытталып, борборго умтулуу ылдамдануу деп аталат (6-сүрөт).



6 – сүрөт. Ылдамдануу

Материалдык чекиттин ылдамдануусунун скалярдык мааниси төмөнкүгө барабар, мында R - траекториянын ийрилигинин радиусу.

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2} = \sqrt{\left(\frac{\vartheta^2}{R}\right)^2 + \left(\frac{d\vartheta}{dt}\right)^2} \qquad (18)$$

Эгерде материалдык чекиттин которулуш учурунда басып өткөн жолунун чоңдугу физикалык түрдө $S = f(t)$ берилсе, анда ылдамданууну жолдун убакыт боюнча алынган экинчи туундусуна барабар болот деп жазабыз:

$$a = \frac{d\vartheta}{dt} = \frac{d^2S}{dt^2} \qquad (19)$$

СИ системасында ылдамдануунун бирдиги үчүн $^{м}/_{c^2}$алынат.

Телонун ылдамдануусунун түзүүчүлөрүнө a_τ, a_n ге карата механикалык кыймылды төмөнкүдөй квалификациялоого болот:

$a_\tau = 0, |\vec{\vartheta}| = \vartheta_\tau = const, a_n = 0$ – бир калыптагы түз сызыктуу кыймыл;

$a_\tau = a = const$, $a_n = 0$ – түз сызык боюнча бир калыптагы өзгөрүлмө кыймыл. Бул кыймыл үчүн:

$$a_\tau = a = \frac{\Delta\vartheta}{\Delta t} = \frac{\vartheta_2 - \vartheta_1}{t_2 - t_1} \qquad (20)$$

Убакыттын баштапкы моменти үчүн $t_1 = 0$, баштапкы ылдамдыгы $\vartheta_2 = \vartheta_0$ болсо, t_2 —t жана $\vartheta_2 = \vartheta$ деп белгилөө жүргүзүү менен ылдамдануу

$a = \frac{\vartheta - \vartheta_0}{t}$ барабар болот да, телонун акыркы ылдамдыгы $\vartheta = \vartheta_0 + at$ мааниге ээ болот.

Бир калыптагы тездетилген өзгөрүлмө кыймылдын теңдемеси төмөнкүдөй жазылат:

$$S=\int_0^t \vartheta dt = \int_0^t (\vartheta_0 + at)\, dt = \vartheta_0 t + \frac{at^2}{2} \ , \qquad (21)$$

$\vartheta = \vartheta_0 + at.$

Бир калыптагы акырындатылгын өзгөрүлмө кыймылдын теңдемеси

$$S=\vartheta_0 t - \frac{at^2}{2} \qquad (22)$$
$$\vartheta = \vartheta_0 - at$$

деп жазылат.

$a_\tau = f(t), a_n = 0$ – түз сызык боюнча ылдамдануунун убакыт боюнча өзгөргөн кыймылы:

$a_\tau = 0, \vec{\vartheta} = const, a_n = const$ – телонун туруктуу ылдамдык менен айлана боюнча өзгөргөн кыймылы $\left(a_n = \frac{\vartheta^2}{R}\right)$;

$a_\tau = 0, a_n \neq 0$ – ийри сызык боюнча телонун бир калыптагы кыймылы;

$a_\tau = const$, $a_n \neq 0$ – ийри сызык боюнча телонун өзгөрүлмө кыймылы;

ABBYY PDF Transformer 2.0
Click here to buy
www.ABBYY.com

$a_{\tau} = f(t), a_{n} \neq 0$ – өзгөрүлмө ылдамдануу учурунда телонун ийри сызык боюнча кыймылы.

Корутунду: механиканын кинематика бөлүмүндө каралган кубулуштардын кыймылдарын окуп, өздөштүрүүдө негизги физикалык чондуктарды - S(жол), t (убакыт) - колдонуу аркылуу телонун которулуш вектору $\overrightarrow{\Delta r}$, ошондой эле ылдамдыгын мүнөздөөчү туунду чоңдук $\vec{\vartheta}$, ылдамдануусун мүнөздөөчү туунду чоңдук $\vec{a}$ жана алардын түзүүчүлөрү $\vec{\vartheta}_{\tau}, \vec{\vartheta}_{n}, \vec{a}_{\tau}, \vec{a}_{n}$ дердин окулушу, жазылышы, вектордук, скалярдык маанилерин аныктоо ыкмалары келтирилген.

Адабияттар тизмеси

1. Гудимова А.Н. Совершенствование методики преподавания курса общей физики [Текст] / А.Н. Гудимова, С.Ж.Токтомышев // Методические рекомендации под ред. В.М. Журавлева. – Фрунзе: ФПИ, 1981.
2. Исманбаев А. И. Методические указания к выполнению контрольной работы по “ Механике “ для студентов –заочников [Текст] / А.И. Исманбаев, Г.Джумаканова. – Фрунзе: ФПИ, 1989.
3. Исманбаев А. Физика. 1-бөлүм [Текст] / А. Исманбаев, З.К. Артыкбаева, С.Ж.Токтомышев, Э.М. Мамбетакунов. – Бишкек: 1993.
4. Трофимова Т.И. Курс физики [Текст] / Т.И.Трофимова. – М.: Высшая школа, 1990.