O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

“FIZIKA” kafedrasi

“N A Z A R I Y M E X A N I K A”

Fanidan Hayot faoliyati xavfsizligi yunalishi uchun

O‘ Q U V – U S L U B I Y
M A J M U A

Bilim sohasi:	**600 000 – Xizmatlar**
Ta’lim sohasi:	**640 000 – Hayot faoliyati xavfsizligi**
Ta’lim yo‘nalishi:	**5640100 – Hayotiy faoliyat xavfsizligi**

Namangan - 2021

Fanning O'quv-uslubiy majmuasi O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirining 20__ yil __________dagi __-sonli buyrug'i bilan tasdiqlangan namunaviy fan dasturi asosida tuzilgan

Tuzuvchilar: **A.B.Nabiyev**– NamDU, "FIZIKA" kafedrasi katta o'qituvchisi, PhD

Taqrizchi: **I.T.Uluxanov** - Namangan davlat universiteti, Texnologik ta'lim kafedrasi dotsenti, f-m.f.n.

Fanning o'quv-uslubiy majmuasi Namangan davlat universiteti San'atshunoslik fakulteti Hayot faoliyati xavfsizligi kafedrasida muhokama qilingan hamda fakultet ilmiy kengashi tomonidan ko'rib chiqish uchun tavsiya etilgan (2021-yil "____ " "avgustdagi __- sonli bayonnoma)

Kafedra mudiri: __________ **A. Nabiyev**

Fanning o'quv uslubiy majmuasi Namangan davlat universiteti San'atshunoslik fakulteti ilmiy kengashi tomonidan ko'rib chiqilgan va foydalanishga tavsiya etilgan (2021-yil "____ " "avgustdagi __- sonli bayonnoma)

Fakultet dekani: ________ **O'.Abdullayev**

MUNDARIJA

1. O'quv materiallari:

2. Ilovalar:

“NAZARIY MEXANIKA” fanining

MA’RUZALAR MATNI

MAVZU: KIRISH. NAZARIY MEXANIKA FANINING QISQACHA TARIXI. FANNING MAZMUNI VA MAQSADI. KINEMATIKA PREDMETI VA ASOSIY TUSHUNCHALAR.

REJA:

1. Kinematikaga kirish.
2. Nuqta kinematikasi.
3. Jismning tinch va harakat holatlari.
4. Xulosa.

Nazariy mexanikaning kinematika bo'limida jismlarning harakati mazkur jismlarning massasi va ularga ta'sir etuvchi kuchlarga bog'lamay faqat geometrik nuqtai nazardan tekshiriladi.
Kinematika so'zi yunoncha «kinema» so'zidan olingan bo'lib, harakat degan ma'noni bildiradi.

Kinematikaning teorema va formulalari texnikadagi turli mashina va mexanizmlar qismlarining harakatini o'rganishda nazariy asos sifatida qo'llaniladi.
Kinematikada jismning harakati boshqa jism bilan bog'langan sanoq sistemasiga nisbatan tekshiriladi. Aynan bir vaqtda jism turli sanoq sistemasiga nisbatan turlicha harakatda bo'lishi mumkin.
Texnika masalalarini yechishda odatda, Yer bilan qo'zg'almas bog'langan sanoq sistemasi olinadi. Yerga nisbatan qo'zg'almas bo'g'gan sanoq sistemasi asosiy yoki «qo'zg'almas» sanoq sistemasi deyiladi.

Kinematikada jismlarning massasini e'tiborga olmay uning geometrik obrazi qaraladi. Klassik mexanikada moddiy jismlarning harakati o'lchovi Yevklid fazosiga nisbatan tekshiriladi hamda fazoni mutlaqo qo'zg'almas deb qaraladi. Harakat o'lchoviga oid kattaliklar Yevklid geometriyasi asosida olinadi.

Kinematikaning asosiy vazifasi nuqtaning (yoki jismning) harakat qonunlarini o'rganishdan iborat. Vaqtning ixtiyoriy paytida fazoda nuqtaning holatini biror sanoq sistemasiga nisbatan aniqlash mumkin bo'lsa, u holda mazkur harakat qonuni ma'lum bo'ladi.

Kinematika jismning harakati boshqa jism bilan bog'langan sanoq sistemasiga nisbatan tekshiriladi. Aynan bir vaqtda jism turli sanoq sistemasiga nisbatan trlicha harakatda bo'lishi mumkin. Masalan, kema palubasidagi jism kema bilan bog'langan sanoq sistemasiga nisbatan kema bilan birgalikda harakatlanadi. Agar biror jism Yerga nisbatan tinch turgan bo'lsa, Quyosh bilan bog'langan sanoq sistemasiga nisbatan Yer bilan harkatda bo'ladi va hokazo. Tabiatda mutlaqo harakatsiz eism bo'lmagani tufayli , mutlaqo qo'zg'almas sanoq sistemasi ham mavjud bo'lmaydi. SHu sababli «harakat» va «Muvozanat» tushunchalari nisbiy tushunchalardir. Texnika masalalarini yochishda odatda Yer bilan qo'zg'almas bog'langan sanoq sistemasi olinadi. Yerga nisbatan qo'zg'almas bo'lgan sanoq sistemasi asosiy va qo'zg'almas sanoq sistemasi deyiladi. Qo'zg'almas sanoq sistemasini tanlab olish masalasining qo'yilishiga bog'liq bo'ladi. Tanlab

olingan sitemaga nisbatan tinch holatda deyiladi. Agar vaqt o’tishi bilan mazkur sanoq sistemasiga nisbatan jismning vaziyati o’zgarsa jism shu sistemaga nisbatan harakatda bo’ladi. Jismning tanlangan harakat sanoq sistemasiga nisbatan har ondagi vaziyatini aniqlash mumkin bo’lsa, uning harakati kinematik berilgan deb hisoblanadi. Kinematikada jismlarning massasini e’tiborga olmay, uning geometrik obrazi qaraladi. Klassik mexanikada oddiy jismlarning massasini harakati uch o’lchovli Yevklid fazosiga nisbatan tekshiriladi hamda fazoni mutlao qo’zg’almas deb haraladi. Harakat o’lchoviga oid kattaliklar Yevklid geometriyasi asosida olinadi. Kinematikada uchraydigan barcha chiziqli o’lchovlar (harakatdagi nutaning koordinatalari, o’tgan yo’lining uzunligi va hokazo) texnik va SI sistemaida metrda olinadi. Mexanikada vaqt absolyut deb hisoblanadi, ya’ni uning barcha sanoq sistemalari uchun (ularning nisbiy harakatidan qat’iy nazar) bir xilda o’tadi deb qaraladi. Vat odatda t bilan belgilanadi va u harakatning argumenti deb hisoblanadi. Vaqt o’lchovi uchun MKGSS sistemasida soat yoki minut. SI sistemasida sekund (s) qabul qilingan.
Qattiq jism harakatini kuzatar ekanmiz, ko’pincha uning nutalari turlicha harakat qilishini ko’ramiz. SHu sababli jism harakatini o’rganish uchun uning nuqtalari harakatini o’rganishga to’g’ri keladi. Dastlab nuqta kinematikasini o’rganib, undan qattiq jism kinematikasini o’rganishga intiladi. Ko’chish va harakat tushunchalari mexanikaning asosiy tushunchalaridir. Biror sanoq sistemasiga nisbatan nuqtaning ma’lum Δt vaqt ichida fazoda bir xil holatdan boshqa holatga ixtiyoriy ravishda o’tishi ko’chish deyiladi. Nuqtaning uning boshlang’ich va oxirgi holatlari hamda o’tgan Δt vaqt oralig’i bilan aniqlanadi.

Nuqtaning boshlang’ich xolatdan oxirgi xolatga vaqtga bog’liq holda aniq bir usulda o’tishini xarakat deb ataymiz. Binobarin, nuqtaning boshlang’ich va oxirgi holatlari orasidagi har bir holatiga vaqtning aniq bir payti mos keladi.

Fazoda xarakatlanayotgan nuqtaning biror sanoq sistemasiga nisbatan holati bilan vaqt oarsidagi bog’lanishni ifodalovchi tenglama nuqtaning harakat qonunini aniqlaydi. Kinematikaning asosiy vazifasi nuqtaning (yoki jismning) harakat qonunlarini o’rganishdan iborat. Vaqtning ixtiyoriy paytida fazoda nuqtaning holatini biror sanoq sistemasiga nisbatan aniqlash mumkin bo’lsa, u holda mazkur nuqtaning harakat qonuni ma’lum bo’ladi. Agar nuqtaning biror sanoq sistemasiga nisbatan harakat qonuni berilgan bo’lsa, nuqta harakatining kinematik xususiyatlari: traektoriyasi tezligi va tezlanishlarini aniqlash mumkin bo’ladi. Vaqt o’tishi bilan nuqtaning fazoda qoldiradigan izi uning traektoriyasi deyiladi.

Nazorat savollari

1.Nazariy mexanika fanining asosiy tushunchalari haqida gapiring.
2. Traektoriya deb nimaga aytiladi.
3. Moddiy nuqta deb nimaga aytiladi.
4. Nazariy mexanikada fazo va vaqt tushunchalari qanday beriladi.

MAVZU: UCH KUCH MUVOZANATIGA OID T EOREMA. PARALLEL KUCHLAR SISTEMASI. NUQTA KINEMATIKASI

Reja:

1. Nuqta harakatining berilish usullari.

A) Vektor usuli

V) Koordinatalar usuli

S) Tabiiy usul.

Kinematikada nuqtaning harakati, asosan, vektor, koordinatalar va tabiiy usulda beriladi.

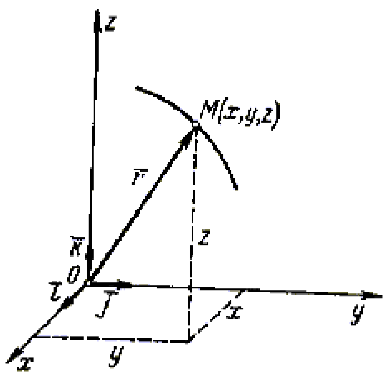
1. **VEKTOR USULI**. Bu usulda M nuqtaning holati biror qo’zg’almas 0 markazdan o’tkazilgan radius-vektor bilan aniqlanadi. (1-rasm) M nuqta harakatlanganda uning radius-vektori vaqt o’tishi bilan ma’lum qonun asosida o’zgaradi, ya’ni skalyar argumentning vektorli funktsiyasidan iborat bo’ladi.

$$\vec{r} = \vec{r}(t) \qquad (1)$$

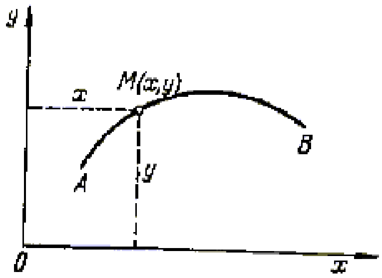
Agar $\vec{r}(t)$ funktsiya ma’lum bo’lsa, t vaqtning har bir payti uchun M nuqtaning holati ma’lum bo’ladi. SHu sababli (1) tenglama nuqtaning yoki harakat qonuni deyiladi. Nuqtaning harakatning (9.1) vektorli tenglamasi vaqtning bir qiymatli, uzluksiz va differentsiallanadigan funktsiyasi bo’ladi. $r = const$ bo’lsa, nuqta tinch holatdan bo’ladi.

2. **KOORDINATALAR USULI**. Sanoq sistemasiga nisbatan harakatlanayotgan M nuqtaning holatini uning uchta Dekart koordinatalari oraqali aniqlash mumkin (1-rasm). Nuqta harakatlanganda uning koordinatalari vaqt o’tishi bilan o’zgaradi. Binobarin, M nuqtaning koordinatalari vaqtning funktsiyasidan (bir qiymatli, va differentsiallanadigan) iborat bo’ladi.

$$\left.\begin{aligned} x &= f_1(t) \\ y &= f_2(t) \\ z &= f_3(t) \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$



1-расм



2-расм

Nuqta koordinatalari bilan vaqt orasidagi (2) munosabatlar berilgan bo'lsa, M nuqtaning fazoda istalgan paytdagi xolati ma'lum bo'lsa. Agar vaqt o'tishi bilan, $x = const,\ \ y = const,\ \ z = const$ bo'lsa, ya'ni x, y, z lar o'zgarmas, nuqta mazkur sanoq sistemasiga nisbatan tinch xolatda bo'ladi. SHu sababli nuqtaning Dekart koordinatalaridagi harakat tenglamasi deb ataluvchi (2) tenglamalar nuqtaning xolatini butunlay aniqlay oladi.

Nuqta harakati vektor va koortinata usullarida berilganda, ular orasida quyidagi munosabat mavjud bo'ladi.

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

bunda $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ lar koordinata o'qlarining birlik vektorlaridir.

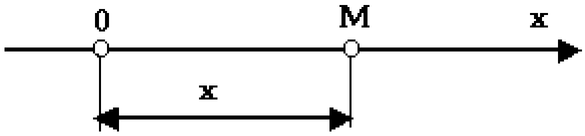
(2) tenglamalardan t vaqtni yo'qotib, nuqtaning traektoriyasi tenglamasi aniqlanadi. Masalan (2) ning birinchisini t ga nisbatan yechib $t = \varphi(x)$ ni olamiz. Topilganni (2) tenglamalarning ikkinchisiga va uchunchisiga qo'yib quyidagi tenglamalarni olamiz:

$$y = f_2\{\varphi(x)\} = F_1(x);\ \ z = f_3\{\varphi(x)\} = F_2(x) \qquad (3)$$

(3) tenglamalar nuqta traektoriyasining tenglamasini ifodalaydi. Agar nuqta traektoriyasi bir tekislikda yotsa, u xolda xy tekislik uchun mazkur traektoriya yotgan tekislikni olamiz (2-rasm). Bunda nuqtaning harakat tenglamasi

$$\left.\begin{array}{l} x = f_1(t) \\ y = f_2(t) \end{array}\right\} \qquad (4)$$

shaklida yoziladi. (4) tenglamalar nuqtaning tekislikdagi harakat tenglamalari deyiladi. Nuqta to'g'ri chiziqli harakatda bo'lsa, harakat traektoriyasi bo'ylab x o'qni yo'naltiramiz, bu holda $x = f(t)$ nuqtaning to'g'ri chiziqli harakat tenglamasini ifodalaydi. (3-rasm)



3-расм

Nuqtaning harakati Dekart koordinatalaridan tashqari qutb koordinatalarida, tsilindrik koordinatalarda, sferik koordinatalarda sferik koordinatalarda yoki chiziqli koordinanatalarda, sferik koordinatalarda yoki egri chiziqli koordinatalarda ham berilishi mumkin.

Masalan harakati $\begin{array}{l} x = 5\cos t \\ y = 3 - 5\sin t \end{array}$

Tenglamalar bilan berilgan (bunda sekundda, x, y santimetrda) o'lchanadi nuqtaning traektoriyasi tenglamasini anishlash uchun bu tenglamalarni

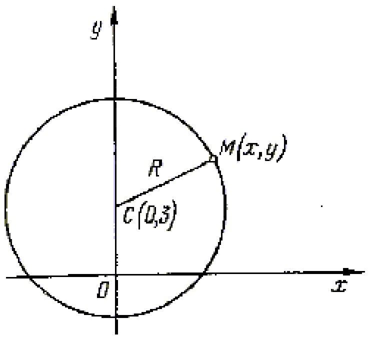
$x = 5\cos t$

$y - 3 = -5\sin t$

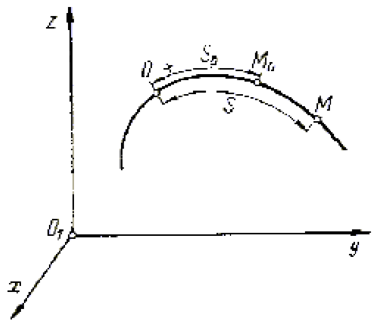
ko’rinishda yozamiz va klarni kvadratga oshirib qo’shamiz. Bunda vaqt berilgan tenglamalardan yo’qotilib, nuqtaning traektoriyasi tenglamasi hosil bo’ladi.

$x^2 + (y-3)^2 = 25$

Demak, nuqtaning traektoriyasi markazi $C\,(0;\,3)$ nuqtada bo’lgan, radiusi $R = 5\,см$ ga teng aylanadan iborat. (4-rasm).



4-расм



5-расм

3. Tabiiy usul. Nuqtaning traektoriyasi ma’lum bo’lsa, nuqta harakatini tabiiy usulda aniqlash qulay bo’ladi.

Nuqtaning traektoriyasi biror $O_1\,x\,y\,z$ koordinata sistemasiga nisbatan ma’lum bo’lsin (5-rasm). Traektoriyaning biror O nuqtasini sanoq boshi uchun tanlab olib, uni qo’zg’almas nuqta deb qaraymiz. Harakatlanayotgan nuqtaning holati traektoriya bo’ylab hisoblanadigan $|OM| = s$ yoy koordinatasi bilan aniqlanadi. Nuqtaning traektoriyadagi holatini bir qiymatli aniqlash uchun yoy koordinatasining musbat va manfiy yo’nalishlari ko’rsatiladi.

Vaqt o’tishi bilan nuqta chiziq bo’ylab harakatlanishi natijasida uning yoy koordinatasi s o’zgarib boradi hamda t vaqtning bir qiymatli, uzluksiz va differentsiallanadigan funktsiyasidan iborat bo’ladi:

$$s = f\ (t) \qquad (5)$$

Bu munosabat *nuqtaning harakat tenglamasi yoki chiziq bo’ylab harakat qonuni* deyiladi.

Agar $f\,(t)$ funktsiya ma’lum bo’lsa, t vaqtning har bir payti uchun s ni aniqlab, uni ishorasiga qarab O nuqtadan traektoriya bo’yicha qo’yamiz. Natijada M nuqtaning berilgan paytdagi holati aniqlanadi.

SHunday qilib, M *nuqtaning harakatini tabiiy usulda aniqlash* uchun uning traektoriyasi, traektoriyada olingan O qo’zg’almas nuqta, yoy koordinatasining hisoblash yo’nalishi va $s = f\,(t)$ harakat tenglamasi berilgan bo’lishi kerak.

Nuqtaning s yoy koordinatasi bilan traektoriya bo'ylab o'tgan σ yo'li doimo bir xil bo'lavermaydi. Agar M nuqta O qo'zg'almas nuqtadan boshlab $[0,t]$ vaqt oralig'ida doimo bir yo'nalishda harakat qilsa, nuqtaning shu vaqt ichida yoy koordinatasi bilan o'tgan yo'li o'zaro teng bo'ladi.
Agar t_0 boshlang'ich vaqtda nuqta M_0 holatda bo'lib, uning holati s_0 yoy koordinatasi vositasida, t vaqtdan keyingi M holati $OM = s$ yoy koordinatasi bilan aniqlansa (4-rasm), $t - t_0$ vaqt oralig'ida nuqtaning bir tomonga harakatlanishi natijasida o'tilgan yo'l

$$\sigma = |M_0M| = |OM - OM_0| = |s - s_0| \qquad (6)$$

formula bilan aniqlanadi; bu holda o'tilgan yo'l bilan yoy koordinatasi teng bo'lmaydi.
Demak, nuqta sanoq boshidan bir tomonga harakatlansa, uning yoy koordinatasi moduli nuqtaning o'tgan yo'lini ifodalaydi. Agar doimo $s = const$ bo'lsa, nuqta berilgan sanoq sistemasiga nisbatan tinch holatda bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Kinematikada nuqtaning harakati necha xil usulda beriladi.
2. Nuqta harakati vektor usulida berilganda uning kinematik tenglamasini keltiring.
3. Nuqta harakati koordinatalar usuli bilan berilganda nuqtaning xolati qanday bo'ladi va nuqta traektoriyasining tenglamasini ifodalab bering.
4. Nuqta xarakati tabiiy usulda berilganda nuqtaning xarakat tenglamasini ko'rsating.

MAVZU: JUFT KUCHLAR NAZARIYASI. JUFT KUCH VA JUFT KUCHNINIG MOMENTI. NUQTA XARAKATI VEKTOR, KOORDINATA, USULIDA BERILGANDA UNING TEZLIGI VA TEZLANISHI

Reja:

1. Harakati vektor usulida berilganda nuqtaning tezligi.
2. Harakati vektor usulida berilganda nuqtaning tezlanishi.
3. Xarakati koordinatalar usulida berilgan nuqtaning tezligi va tezlanishi.
4. Harakati tabiiy usulda berilgan nuqtaning tezligi va tezlanishi.
5. Xulosa

Nuqta harakati vektor usulida berilganda uning radius-vektori $\vec{r} = \vec{r}(t)$ har on uchun vaqt funktsiyasi sifatida aniqlanadi. Faraz qilaylik, t vaqtda biror O markazga nisbatan $\vec{r}$ radius vektor bilan aniqlanuvchi nuqta M holatini egallasin hamda $\boldsymbol{t_1 = t \cdot \Delta t}$ vaqtdan keyin M_4 holatni egallab radius-vektori $\vec{r}_1 = \vec{r}(t + \Delta t)$ bo'lsin (6-rasm). U holda $\vec{r}(t + \Delta t) - \vec{r}(t) + \Delta\vec{r}$ nuqtaning $\boldsymbol{\Delta t}$

vaqtdagi ko’chishini ifodalaydi. $\Delta\vec{r}$ ni nuqtaning vektor ko’chishi deyiladi. Nuqtaning vektor ko’chishi $\Delta\vec{r}$ ning shu ko’chish uchun ketgan Δt vaqtga nisbatan mazkur nuqtani o’rtacha tezligi deyiladi. O’rtacha tezlik vektorini $\vec{v}*$ bilan belgilasak, $\vec{v}* = \dfrac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$ (1)

Bunda Δt skalyar miqdor bo’lganidan vektorning yo’nalishi bilan bir xil bo’ladi. Nuqtaning o’rtacha tezlik vektorining nolga intilganidagi limiti nuqtaning berilgan paytdagi tezlik vektori deyiladi va $\bar{\upsilon}$ bilan belgilanadi.

$$\bar{\upsilon} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} \qquad \text{yoki} \qquad \bar{\upsilon} = \frac{d\bar{r}}{dt} \qquad (2)$$

SHunday qilib, nuqtaning berilgan paytidagi tezlik vektori nuqtaning radius vektoridan vaqt bo’yicha olingan birinchi tartibli hosilasiga teng bo’ladi.

$\bar{\upsilon}*$ vektor harakatda yo’nalishida $\overline{MM_1}$ kesuvchi bo’ylab yo’naladi. Δt nolga intilganda, M_1 nuqta traektoriya bo’ylab M ga intiladi, shu sababli MM_1 vektor limit holatida egri chiziqqa M nuqtada o’tkazilgan urinma bilan ustma-ust tushadi. Binobarin M nuqtaning tezlik vektori $\bar{\upsilon}$ traektoriyaga M nuqtada o’tkazilgan urinma bo’ylab harakat yo’nalishi tomon yo’naladi. (2) ga ko’ra, tezlik vektori t vaqtning vektorli funktsiyasi bo’ladi. Vaqt o’tishi bilan tezlik vektori o’zgaradi.

СИ birliklar sistemasida tezlik $м/с$ da o’lchanadi.

Vaqt o’tishi bilan nuqta tezligining miqdor va yo’nalish jihatidan o’zgarishini ifodalovchi kattalik tezlanish deyiladi.

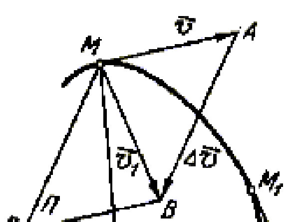
Faraz qilaylik: harakatlanuvchi nuqta t vaqtda M holatda bo’lib tezligi $\bar{\upsilon}$ ga teng bo’lsin, $t + \Delta t$ vaqt o’tgandan sung nuqta M_1 holatga kelib, tezligi bo’lsin. (7-rasm). Tezlik vektorining Δt vaqt ichidagi o’zgarishi aniqlaymiz. Buning uchun $\bar{\upsilon}_1$ vektorni o’ziga paralle ravishda M nuqtaga ko’chirib, bu nuqtada tomonlardan biri $\bar{\upsilon}$ tezlikka, dioganali esa $\bar{\upsilon}$ tezlikka teng. $MABC$ parallelogramm yasaymiz. U holda parallelogramning ikkinchi tomoni Δt ichida tezlikning o’zgarishi $\Delta\vec{v}$ ni ifodalaydi.

Nuqta tezlik vektorining o’zgarishi $\Delta\bar{\upsilon}$ ning shu o’zgarish ketgan Δt vaqt nisbati mazkur nuqtaning Δt vaqt oralig’idagi o’rtacha tezlanishi deyiladi. O’rtacha tezlanish vektorini $\varpi*$ bilan belgilasak,

$$\varpi* = \frac{\Delta\bar{\upsilon}}{\Delta t} \qquad (3)$$

$\varpi*$vektorning yo’nalishi $\Delta\bar{\upsilon}$ ning yo’nalishi bilan bir xil bo’lib, nuqta traektoriyasining botiq tomoniga yo’naladi. Nuqtaning o’rtacha tezlanish vektori $\varpi*$ nolga intilgandagi limiti nuqtaning berilgan paytdagi tezlanish vektori deyiladi va ϖ bilan belgilanadi:

$$\varpi* = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\bar{\upsilon}}{\Delta t},$$



yoki (2) ko'ra

$$\varpi = \frac{d\bar{\upsilon}}{dt} = \frac{d^2\bar{r}}{dt^2} \qquad (4)$$

Demak, nuqtaning berilgan paytdagi tezlanish vektori nuqta tezlik vektorining vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilasiga yoki radius-vektorining vaqt bo'yicha olingan ikkinchi tartibli hosilasiga teng.

Agar nuqta bir tekislikda yotuvchi traektoriya bo'yicha harakatlansa, u holda ϖ tezlanish vektori, o'rtacha tezlanish vektori $\varpi*$ kabi, traektoriya tekisligida yotadi hamda traektoriyaning botiq tomoniga yo'naladi.

Agar nuqtaning traektoriyasi bir tekislikda yotmaydigan egri chiziqdan iborat bo'lsa, $\varpi*$ vektor M nuqtadan o'tuvchi $MABC$ parallelogramm tekisligi Π da yotadi hamda traektoriyaning botiq tomoniga $\Delta\bar{\upsilon}$ ga parallel ravishda yo'naladi. (7-rasm) Bunda $\Pi \| \bar{\upsilon}_1$ bo'ladi. M_1 nuqta M ga intilgandagi limitda, bu tekislikning egallagan holati egrilik tekisligi yoki yopishma tekislik deyiladi.

Demak, umumiy holda tezlanish vektori M nuqtada traektoriyaga o'tkazilgan egrilik tekisligida yotadi va traektoriyaning botiq tomoniga yo'naladi.

$СИ$ birliklar sistemasida tezlanish $м/c^2$ da o'lchanadi.

Nuqtaning harakati biror qo'zg'almas Dekart koordinata o'qlariga nisbatan (2) ko'rinishdagi

$$x = f_1(t), \qquad y = f_2(t), \qquad z = f_3(t)$$

tenglamalar bilan berilgan bo'lsin (8-rasm, a). U holda nuqtaning radius-vektori $\vec{r}$ va tezligi $\bar{\upsilon}$ ni koordinata o'qlaridan proektsiyalari orqali quyidagicha yozish mumkin.

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k} \qquad (5)$$

$$\bar{\upsilon} = \upsilon_x \bar{i} + \upsilon_y \bar{j} + \upsilon_z \bar{k} \qquad (6)$$

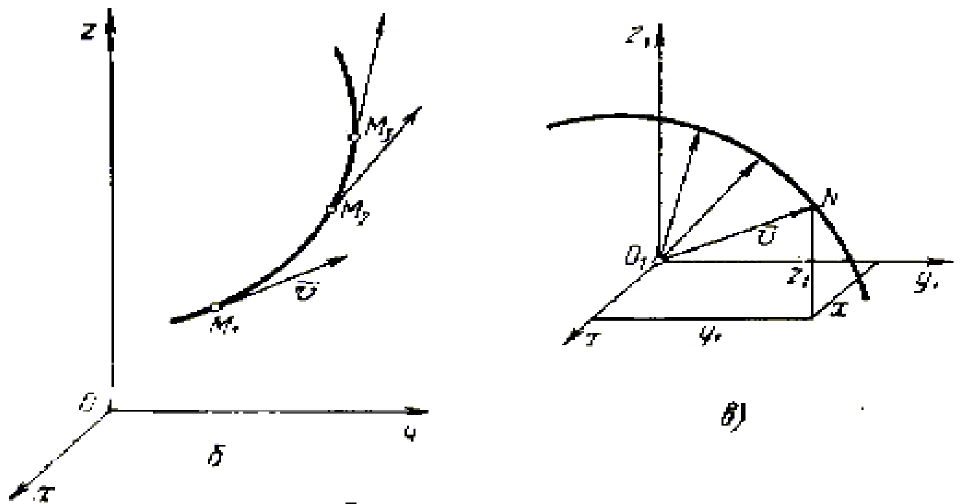
bunda: x, y, z lar M nuqtaning koordinatalarini $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$ lar koordinata o'qlarining birlik vektorlarini $\bar{\upsilon}_x, \bar{\upsilon}_y, \bar{\upsilon}_z$ lar esa tezlik vektorining koordinata o'qlaridagi proektsiyalarini ifodalaydi. $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$ birlik vektorlarining miqdori va yo'nalishi o'zgarmasligini va (2) ifodani e'tibrga olib, (5) dan vaqt bo'yicha hosila olamiz.

$$\bar{\upsilon} = \frac{d\bar{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\bar{i} + \frac{dy}{dt}\bar{j} + \frac{dz}{dt}\bar{k} \qquad (7)$$

(6) va (7) formulalardagi vektorlar oldidagi koeffitsientlarni solishtirib va tezlikning koordinata o'qlaridagi proektsiyalarini aniqlaymiz:

$$\bar{\upsilon}_x = \frac{dx}{dt} = \dot{x}, \ \bar{\upsilon}_y = \frac{dy}{dt} = \dot{y}, \ \bar{\upsilon}_z = \frac{dz}{dt} = \dot{z} \qquad (8)$$

Demak, tezlik vektorining biror qo'zg'almas Dekart koordinatalar o'qidagi proektsiyasi nuqtaning mos koordinatalaridan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosilaga teng bo’ladi. M_a, M_b, M_c qirralari koordinana o’qlariga parallel va $\upsilon_x, \upsilon_y, \upsilon_z$ larning miqdoriga teng bo’lgan parallelopipedning dioganali M nuqtaning tezligini ifodalaydi:



8-расм

$$v = \sqrt{v^2{}_x + v^2{}_y + v^2{}_z} = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}, \qquad (9)$$

$$\cos(\widehat{\vec{v}, \vec{i}}) = \frac{\dot{x}}{v}, \quad \cos(\widehat{\vec{v}, \vec{j}}) = \frac{\dot{y}}{v}, \quad \cos(\widehat{\vec{v}, \vec{k}}) = \frac{\dot{z}}{v} \qquad (10)$$

Nuqta 0_{xyz} koordinatalar sistemasiga nisbatan biror traektoriya bo’ylab harakatlansin (8-rasm,b)..., ketma-ket xolatlariga mos tezliklarining barchasini miqdor va yo’nalishlarini o’zgartirmay biror 0_1 qutbga keltiraylik (8-rasm,v). Bu holda tezlik vektorlarining uchlari biror uzluksiz egri chiziqni chizadi. Mazkur egri chiziq nuqta tezligining godagrafi deyiladi.

Nuqtaning 0_{xyz} koordinatalari sistemasiga nisbatan harakati ma’lum bo’lganda tezlik godografi tenglamasiga parallel bo’lgan $0_{1x1y1z1}$ koordinatalar sistemasini o’tkazamiz. Tezlik godografida biror N nuqtani olib, uning koordinatalarini x_1, y_1, z_1 bilan belgilaymiz. N nuqtaning radius-vektori $\overrightarrow{O_1 N} = \vec{v}$ bo’lib, bunda $\upsilon -$traektoriya bo’ylab harakatlanayotgan nuqtaning tezligi. Agar nuqtaning harakati qonuni (2) ko’rinishida berilsa, u holda N nuqtaning koordinatalari quyidagicha aniqlanadi:

$$\left.\begin{aligned} x_1 &= \dot{x}, \\ y_1 &= \dot{y}, \\ z_1 &= \dot{z} \end{aligned}\right\} \qquad \text{yoki} \qquad \left.\begin{aligned} x_1 &= \frac{df_1(t)}{dt}, \\ y_1 &= \frac{df_2(t)}{dt}, \\ z_1 &= \frac{df_3(t)}{dt} \end{aligned}\right\} \qquad (11)$$

Bu tenglamalar N nuqtaning tezlik godografi bo'yicha harakat tenglamasini ifodalaydi. (11) tenglamalardan t vaqtni chiqarib tashlasak, $O_1x_1y_1z_1$ koordinatalar sistemasiga nisbatan tezlik godorafining tenglamasini hosil qilamiz.
Harakati koordinatalar usulida (2) tenglamalar bilan berilgan nuqtaning tezlanishini aniqlash uchun ϖ tezlanishni koordinata o'qlaridagi $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ proektsiyalari orqali ifodalaymiz:

$$\varpi = \omega_x \bar{i} + \omega_y \bar{j} + \omega_z \bar{k} \qquad (12)$$

(6) va (12) larni (4) ga qo'yamiz:

$$\omega_x \bar{i} + \omega_y \bar{i} + \omega_z \bar{k} = \frac{d}{dt}\left(\upsilon_x \bar{i} + \upsilon_y \bar{j} + \upsilon_2 \bar{k}\right) = \frac{d\upsilon_x}{dt}\bar{i} + \frac{d\upsilon_y}{dt}\bar{j} + \frac{d\upsilon_z}{dt}\bar{k}$$

Bu tenglikning ikki tomonidagi $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$ birlik vektorlar oldidagi koeffitsientlarni solishtirib, (8) ni e'tiborga olsak, quyidagi ifodaga ega bo'lamiz.

$$\left.\begin{aligned} \omega_x &= \frac{d\upsilon_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x}, \\ \omega_y &= \frac{d\upsilon_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2} = \ddot{y}, \\ \omega_z &= \frac{d\upsilon_z}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2} = \ddot{z}. \end{aligned}\right\} \qquad (13)$$

Demak tezlanish vektorining biror qo'zg'almas Dekart koordinatalar o'qidagi proektsiyasi nuqtaning mos koordinatalaridan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi hosilaga yoki tezlik vektorining mos koordinata o'qlaridagi proektsiyasidan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosilaga teng bo'ladi.

Nuqta tezlanishining moduli va yo'nalishi quyidagi formulalardan topiladi:

$$\omega = \sqrt{\omega_x^2 + \omega_y^2 + \omega_z^2} = \sqrt{\ddot{x}^2 + \ddot{y}^2 + \ddot{z}^2}; \qquad (14)$$

$$\cos\left(\bar{\omega}, \bar{i}\right) = \frac{\ddot{x}}{\omega}, \cos\left(\bar{\omega}, \bar{j}\right) = \frac{\ddot{y}}{\omega}, \cos\left(\bar{\omega}, \bar{k}\right) = \frac{\ddot{z}}{\omega}. \qquad (15)$$

Agar nuqta to'g'ri chiziqli harakatda bo'lsa, uning harakati bitta

$x = f(t)$

tenglama bilan aniqlanadi. Bu holda nuqta tezligi va tezlanishining miqdori

$$\begin{aligned} \upsilon &= |\upsilon_x| = |\dot{x}| = \left|\frac{dx}{dt}\right|, \\ \omega &= |\omega_x| = \ddot{x} = \left|\frac{d^2x}{dt^2}\right| \end{aligned}$$ bo'ladi.

Agarda $\upsilon_x > 0$ bo'lsa, nuqtaning tezligi x o'qning musbat yo'nalishi bo'yicha, $\upsilon_x < 0$ bo'lsa, x o'qning musbat yo'nalishiga teskari yo'naladi. Tezlanishning yo'nalishi ham shunday aniqlanadi.

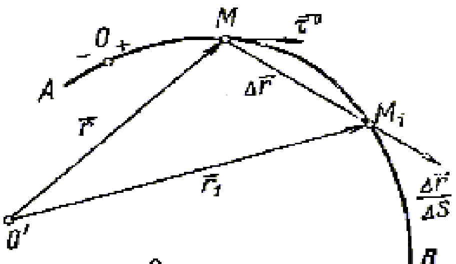
Agar vaqt o'tishi bilan to'g'ri chiziqli harakatdagi nuqta tezlanishining miqdori orta borsa, ya'ni nuqtaning tezligi bilan tezlanishi bir yo'nalishda bo'lsa, bunday harakat tezlanuvchan harakat deyiladi. Vaqt o'tishi bilan nuqta tezlanishining miqdori kamaya borsa, ya'ni tezlanishning yo'nalishi tezlikka qarama-qarshi yo'nalsa, bunday harakat sekinlanuvchan harakat deyiladi.

Nuqta harakati tabiiy usulda berilganda, ya'ni uning AV traektoriyasi, traektoriyada olingan qo'zg'almas 0 nuqta (sanoq boshi) va S yoy koordinatasining xisoblash yo'nalishi hamda traektoriya bo'ylab harakat tenglamasi $S = f(t)$ berilganda nuqtaning tezligini aniqlaymiz (9-rasm). Nuqta t vaqtda M xolatni, $t + \Delta t$ vaqtdan keyin M_1 xolatni egallasin. Mazkur nuqtalarning yoy koordinatalarini aniqlaymiz:

$$S = \overset{\cup}{OM}, \; S_1 = OM_1 = \overset{\cup}{OM} + MM_1 = S + \Delta S$$

Ixtiyoriy O' nuqtani olib, bu nuqtadan M va M_1 nuqtalarning mos ravishda $\vec{r}$ va $\vec{r}_1$ radius vektorlarini o'tkazamiz, hamda (2) ga asosan M nuqtaning tezligini aniqlaymiz:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$



9-расм

Nuqtaning $\vec{r}$ radius vektori S yoy koordinatasiga bog'liq, ya'ni $\vec{r} = \vec{r}(S)$ (9-rasm.) SHu sababli nuqtaning tezligi uchun quyidagi ifodani yozish mumkin.

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dS} \cdot \frac{dS}{dt} \qquad (18)$$

bunda

$$\frac{d\vec{r}}{dS} = \lim_{\Delta S \to 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta S} \qquad (19)$$

$\frac{\Delta \vec{r}}{\Delta S}$ vektorning yo'nalishi $\Delta\vec{r}$ vektorniki bilan bir xil bo'ladi. $\Delta S \to 0$ da uning yo'nalishi yoy koordinatasi ortib boradigan tomonga M nuqtada traektoriyada o'tkazilgan urinmaning yo'nalishiga intiladi. Bu holda

$$\lim_{\Delta S \to 0} \left| \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta S} \right| = \lim_{M_1 \to M} \frac{|MM_1|}{MM_1} = 1$$

SHunday qilib, $\frac{d\vec{r}}{dS}$ vektor miqdor jihatdan birga teng, hamda yoy koordinatasi ortib boradigan tomonga M nuqtada traektoriyaga o’tkazilgan urinma bo’yicha yo’naladi, ya’ni $\frac{d\vec{r}}{dS}$ vektor urinmaning birlik vektori $\vec{\tau}^{\,0}$ ni ifodalaydi. (10-rasm):

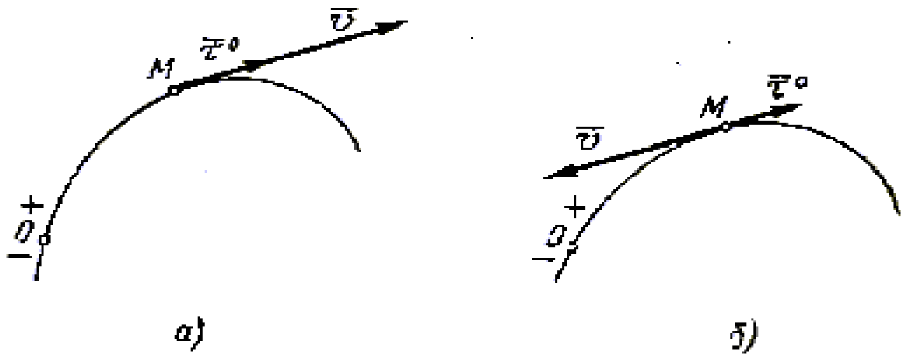
$$\vec{\tau}^{\,0} = \frac{d\vec{r}}{dS} \qquad (20)$$

(20) ni (18) ga qo’yib nuqtaning tezligini aniqlaymiz:

$$\vec{v} = \frac{dS}{dt}\vec{\tau}^{\,0}, \qquad (21)$$

bunda $$\frac{dS}{dt} = v \qquad (22)$$

tezlikning algebraik kiymatini ifodalaydi.



10–расм

Agar vaqtning biror paytida $\frac{dS}{dt} \rangle 0$ bo’lsa, S funktsiya shu paytda o’suvchi va $\vec{v}$ tezlikning yo’nalishi urinmaning birlik vektori $\vec{\tau}_1$ bilan bir xil bo’ladi. (10-rasm, a). Agar vaqtning biror paytida $\frac{dS}{dt} \langle 0$ bo’lsa , S funktsiya shu paytda kamayuvchan bo’ladi va $\vec{v}$` tezlikning yo’nalishi $\vec{\tau}^{\,0}$ ga teskari bo’ladi (10-rasm, b).

Xulosa: Agar $\frac{dS}{dt}$ xosila uzluksiz ravishda o’zgarib $\frac{dS}{dt} = 0$ orqali o’tganda o’z ishorasini o’zgartirsa, S yoy koorlinatasi bu paytda maksimum yoki minimum qiymatga erishadi, ya’ni nuqtaning harakat yo’nalishi o’zgaradi.

SHunday qilib, $v = \frac{dS}{dt}$ nuqta tezligining algebraik qiymati bilan birga traektoriyadagi yo’nalishini ham ifodalaydi.

Nazarot savollari

1. Nuqtaning berilgan paytdagi tezlik vatezlanish vektori deb nimaga aytiladi va uning formulasini keltiring.
2. Nuqtaning tezlik godografi bo'yicha xarakat tenglamasini ifodalang.
3. Nuqta tezlanishining moduli va yo'nalishi formulasini keltiring.
4. Nuqta xarakati koordinata usulida berilganda uning tezligi va tezlanishi deb nimaga aytiladi.
5. Harakat tabiiy usulda berilganda nuqtaning tezligi va tezlanishi formulasini keltiring.

MAVZU: TEKISLIKDA KUCHLAR SISTEMASI. KUCHNING BERILGAN NUQTAGA KELTIRISH. QATTIQ JISMNING ILGARILANMA VA QO'ZG'ALMAS O'Q ATROFIDAGI AYLANMA HARAKATI

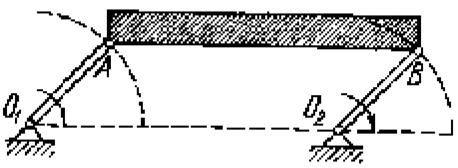
Reja:

1. Butun jismning xarakati va bu xarakatning kinematik xususiyatlarini aniqlash.
2. Jism har bir nuqtasining harakatini o'rganish.
3. Qattiq jismning ilgarilanma harakati
4. Xulosa.

Qattiq jism kinematikasida uchraydigan masalalar ikki qismga bo'linadi: a) butin jismning xarakati va bu xarakatning kinematik xususiyatlarini aniqlash; b) jism har bir nuqtasining xarakatini o'rganish. Biz dastlab qattiq jismning eng sodda xarakatlari: ilgarilanma va qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakatlarini qarab chiqamiz.

Jismda olingan har qanday kesma jism harakati davomida hamma o'z-o'ziga parallel qolsa, jismning bunday harakat ilgarilanma harakat deyiladi.
Ilgarilanma harakatdagi jism nuqtalarning traektoriyalari istalgan ko'rinishda bo'lishi mumkin. Masalan: to'g'ri chiziqli rel'sda harakatlanayotgan vagon kuzivining harakati ilgarilanma harakat bo'lib kuzok nuqtalarning traektoriyalari to'g'ri chiziqdan iborat.

Ikkinchi misol tariqasida (11-rasmda) ko'rsatilgan AB sparnikning harakatini kuzatamiz. O_1A va O_2B krivoshitlar O_1, O_2 o'qlar atrofida aylanganda AB sparnik hamma vaqt o'z-o'ziga parallel qoladi, ya'ni ilgarilanma harakat qiladi. Sparnikning A va B nuqtalari markazlari O_1, O_2 nuqtalarda yotgan aylanalar chizadi. Demak bu holda ilgarilanma harakatdagi AB sparnik nuqtalarning traektoriyalari aylanalardan iborat bo'ladi.
Qattiq jismning ilgarilanma harakatiga oid quyidagi teoremani isbotlaymiz.

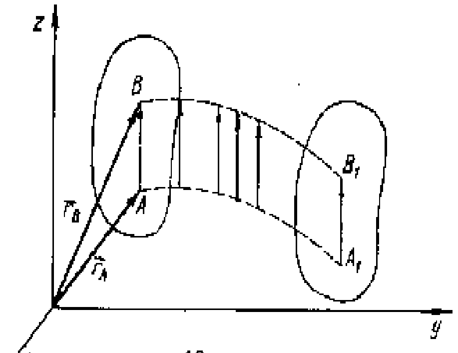


11-расм

Teorema: Ilgarilanma harakatdagi jismning hamma nuqtalari bir xil chiziq (traektoriya) chizadi va har onda miqdor hamda yo'nalishlari jixatdan bir tezlikka va bir xil tezlanishga ega bo'ladi.

Teoremani isbolash uchun jismning berilgan $Oxyz$ qo'zg'almas koordinatalar sistemasiga nisbatan ilgarilanma harakatini tekshiramiz (12-rasm). Jismda ixtiyoriy A va B nuqtalarni olib, ularning radius-vektorlarini $\vec{r}A$ va $\vec{r}B$ bilan belgilaymiz. Rasmdan

$$r_{\mathrm{B}} = \vec{r}_{\mathrm{A}} + AB \qquad (1)$$



12-расм

Jism harakatlanganda $\vec{r}_A$, $\vec{r}_B$ o'zgaradi. Ammo AB kesmaning uzunligi va yo'nalishi o'zgarmaydi. CHunki qattiq jism ta'rifiga ko'ra, AB kesmaning uzunligi o'zgarmas bo'lib, ilgarilanma harakat ta'rifiga ko'ra, u doimo o'ziga parallel qoladi. SHuning uchun (1) tenglikdagi $\vec{r}A$ va $\vec{r}B$ vektorlar o'zgarganda, ularning A va B nuqtalarining traektoriyalari bir xil bo'ladi, ya'ni $AA_1 = BB_1$ va parallel bo'ladi.

B nuqtaning tezligini aniqlash uchun (1) dan t vaqt bo'yicha xosil olamiz:

$$\frac{d\vec{r}_B}{dt} = \frac{d\vec{r}_B}{dt} + \frac{d\,\overline{AB}}{dt}$$

Bunda $\frac{d\,\overline{AB}}{dt} = 0$ bo'lgani uchun

$$\frac{d\vec{r}_B}{dt} = \frac{d\vec{r}_A}{dt} \text{ yoki } \varpi_B = \varpi_A$$

A va B nuqtalar ixtiyoriy nuqtalar bo'lgani uchun ilgarilanma harakatdagi jismning qolgan bvrcha nuqtalarining tezliklari ham bir xil bo'ladi. (2) dan t vaqt bo'yicha hosila olamiz:

$$\frac{d\vec{v}_B}{dt} = \frac{d\vec{v}_A}{dt} \text{ yoki } \vec{w}_B = \vec{w}_A \qquad (3)$$

(3) tenglikdan ilgarilanma harakatdagi jism hamma nuqtalarining tezlanishlari bir xilda bo'lishini ko'ramiz. SHunday qilib, teorema isbotlandi.

Bu teoremadan, jismning ilgarilanma harakati uning biror nuqtasining harakati bilan aniqlanadi, degan xulosaga kelamiz. Odatda, bunday nuqta uchun jismning og'irlik markazi C nuqta olinadi. Mazkur nuqtalarning harakat tenglamalarini koordinata usulida quyidagicha yozish mumkin:

$x_c = f_1(t);\ y_c = f_2(t);\ z_c = f_3(t)$ (4)

SHu sababli ilgarilanma harakatdagi jismning kinematikasi nuqta kinematikasidan farq qilmaydi.

Xulosa: Ilgarilanma harakatdagi jism nuqtasining v tezligi va w tezlanishi jismning barcha nuqtalari uchun bir xilda bo'lganidan ularni mos ravishda jismning tezligi va tezlanishi deyiladi. v va w vektorlar jismning ixtiyoriy nuqtasiga qo'yib tasvirlanadi.

Nazorat savollari

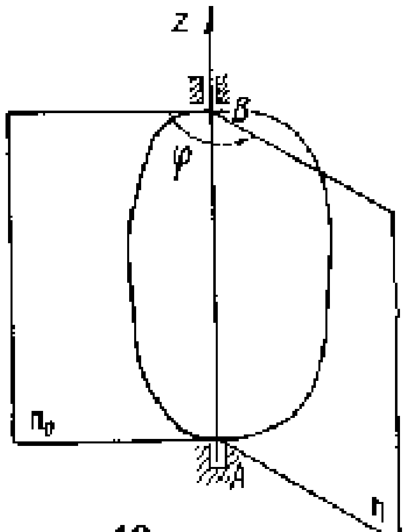
1. Qattiq jismning ilgarilanma xarakati deb nimaga aytiladi.
2. Teoremani isboti bilan keltiring.
3. Jismning ilgarilanma xarakati uchun tezlik va tezlanish formulasini yozing.

MAVZU: FERMA XAQIDAGI TUSHUNCHALAR. FERMALAR TO'G'RISIDAGI ODDIY TUSHUNCHALAR. QATTIQ JISMNING QO'ZG'ALMAS O'Q ATROFIDAGI AYLANMA HARAKATI TENGLAMASI.

Reja:

1. Aylanma harakatning burchak tezligi.
2. Tekis aylanma harakat.
3. Aylanma harakatning burchak tezlanishi.
4. Tekis o'zgaruvchan aylanma xarakat.
5. Xulosa.

Harakatlanuvchi qattiq doimo qo'zg'almasdan qolsa, uning bunday harakati qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakat deyiladi. SHu qo'zg'almas nuqtalarda o'tgan to'g'ri chiziq aylanish o'qi deyiladi. Jismning aylanish o'qida joylashgan nuqtalari doimo harkatsiz bo'ladi.



13-расм

Qattiq jismning aylanma harakatini tekshirish uchun aylanish o'qi orqali ikkita tekislik o'tkazamiz. Ularda biri qo'zg'almas Π_0 tekislik, ikkinchisi esa jism bilan maxkam biriktirilgan va u birga harakatlanadigan Π tekislik bo'lsin (13-rasm). Aylanish o'qini jismning A va B nuqtalari orqali yuqoriga yo'naltiramiz va uni A_z bilan belgilaymiz. Jism A_z o'q atrofida harakatlanganda Π tekislik Π_0 tekislikka nisbatan φ burchakka buriladi. Bu burchak aylanish burchagi deyiladi (u radianda o'lchanadi).

Aylanish o'qining musbat yo'nalishidan qaraganimizda jism soat milining aylanishiga teskari yo'nalishda aylansa, aylanish burchagi musbat, aks xolda manfiy deb xisoblanadi. Qo'zg'aluvchan tekislikning qo'zg'almas tekislikka nisbatan fazodagi xolati istalgan t vaqt uchun φ burchak bilan aniqlanadi. Π tekislik jism bilan maxkam biriktirilganidan jismning xolati ham φ burchak bilan aniqlanadi. Jism A_z o'q atrofida aylanganda mazkur burchak vaqtning uzluksiz, bir qiymatli funktsiyasi sifatida o'zgaradi:

$$\varphi = f(t) \qquad (1)$$

Bu ifoda jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakati tenglamasi deyiladi. Agar (1) tenglik berilgan bo'lsa, jismning Π_0 tekislikka nisbatan vaqtning har bir paytidagi holati ma'lum bo'ladi.

Aylanish burchagi φ dan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosila jismning burchak tezligi deyiladi va ω bilan belgilanadi.

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} \quad \text{yoki} \quad \omega = \varphi = f'(t) \qquad (2)$$

Bunda hosilaning ishorasi jismning aylanish yo'nalishini ifodalaydi. $\varphi = f'(t) > 0$ bo'lsa, shu onda $f(t)$ funktsiya o'suvchan bo'ladi, ya'ni o'qning musbat yo'nalishidan karaganda, soat milining aylanishiga teskari yo'nalishda aylanadi; $\varphi = f'(t) < 0$ Bo'lsa, shu onda $f(t)$ funktsiya kamayuvchan bo'ladi, ya'ni jism soat milining aylanish yo'nalishida aylanadi.

Agar harakat davomida $\omega = \omega_0$ o'zgarmasa, jism tekis aylanma harakatda deyiladi. Bu xolda

$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega_0 = const, \qquad d\varphi = \omega_0 dt$$

Bu tenglamani integrallaymiz: $\varphi = \omega_0 t + C_1$

Bunda C_1 integrallash doimiysi bo'lib, harakatning boshlang'ich shartlaridan aniqlanadi. Masalan, boshlang'ich $(t = 0)$ paytda aylanish burchagi $\varphi = \varphi_0$ bo'lsin. U holda yuqoridagi tenglikdan $C_1 = \varphi_0$ bo'ladi. SHunday qilib, jismning tekis aylanma harakati tenglamasi

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t \qquad (3)$$

ko'rinishda yoziladi.

Agar $t = 0$ paytda $\varphi_0 = 0$ bo'lsa, (3) ga ko'ra tekis aylanma harakat tenglamasi $\varphi = \omega t$ ko'rinishda yoziladi. Bundan

$$\omega = \frac{\varphi}{t} \qquad (4)$$

$CИ$ sistemasiga burchak tezligi рад$/c$ (yoki $1/c$) da o'lchanadi.

Jism bir marta to'la aylanganada $\varphi = 2\pi$ bo'ladi. Jism bir minutda n marta aylansa, tekis aylanma harakatning burchak tezligi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30} \quad рад/c \qquad (5)$$

Bu formulada bir minutldagi aylanishlar soni n jism tekis aylanma haraktining burchak tezligini xarakterlaydi.

1-masala. Bug’ turbinasi diskni harakatga keltirish davridagi aylanish tenglamasi yozilsin; aylanish burchagi vaqtning kubiga mutanosib va $t = 3c$ bo’lganda burchak tezligi $n = 810$ ayl $/$ min teng bo’ladi.

Echish: Masala shartiga ko’ra, diskning harakat qonunini quyidagi formula bilan ifodalash mumkin:

$\varphi = Rt^3$ rad

Bu yerda R-o’zgarmas kiymatga ega bo’lgan va izlanayotgan ma’lum koeffitsient. (2) ga asosan diskning burchak tezligi ωni aniqlaymiz.

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = 3Rt^2 \qquad (6)$$

$t = 3c$ bo’lganda $n = 810$ ayl $/$ min bo’lishi ma’lum;

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{810\pi}{30} = 27\pi \ \text{рад}/c \qquad (7)$$

R ni topish uchun (1) ga $t = 3c$ qiymatni qo’yib, (2) bilan solishtirsak, $R = \pi$ kelib chikadi. SHunday kilib diskning xarakat konuni $\varphi = \pi t^3$ ko’rinishda yoziladi.

Vaqt birligi ichida jismning burchak tezligi o’zgarishi bilan xarakterlanadigan kattalik jismning burchak tezlanishi deyiladi. Jismning aylanma harakatdagi burchak tezlanishi burchak tezligidan vaqt bo’yicha olingan birinchi tartibli hosilaga yoki aylanish burchagidan vaqt bo’yicha olingan ikkinchi tartibli hosilaga teng bo’ladi. Burchak tezlanish odatda ε bilan belgilanadi:

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d}{d} = \left(\frac{d\varphi}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2} \right) \qquad (8)$$

Burchak tezlanish $\text{рад}/c^2$ yoki $1/c^2$ bilan o’lchanadi.

(8) da $\frac{d\omega}{dt}$ hosilalarining ishorasi jism aylanma harakati burchak tezligining orta borishi yoki kamayishini ifodalaydi. $\frac{d\omega}{dt} > 0$ bo’lsa, ω orta boradi va bunday harakat tezlanuvchan aylanma harakat deyiladi; $\frac{d\omega}{dt} < 0$ bo’lsa, ω kamaya boradi va bunday harakat sekinlanuvchan aylanma harakat deyiladi.

Agar harakat davomida $\varepsilon = \varepsilon_0 - const$ bo’lsa, jismning bunday harakati tekis o’zgaruvchan aylanma harakat deyiladi.

Tekis o’zgaruvchan aylanma harakat tenglamasini aniqlash uchun (8) tenglikni quyidagi ko’rinishda yozamiz:

$d\omega = \varepsilon_0 dt$

Bu tenglikni integrallab $\omega = \varepsilon_0 t + c_1$ ni hosil qilamiz. Bunda C_1 integrallash doimiysi bo’lib harakatning boshlang’ich shartlaridan topiladi. Masalan, $t = 0$ da $\omega = \omega_0$ bo’lsa, $C_1 = \omega_0$ bo’ladi. U holda tekis o’zgaruvchan aylanma harakatning burchak tezligi

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t \qquad (9)$$

formuladan aniqlanadi.

Tekis o'zgaruvchan aylanma harakat tenglamasini keltirib chikarish uchun (2) ga kura, (9) ni kuyidagicha yozamiz:

$$d\varphi = (\omega_0 + \varepsilon t)dt$$

Bu tenglikni integrallasak, $\varphi = \omega_0 t + \dfrac{\varepsilon t^2}{2} + C_2$

$t = 0$ da $\varphi = \varphi_0$ bo'lsa, oxirgi tenglikdan $C_2 = \varphi_0$ bo'lishini ko'ramiz. U holda

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}$$

Bu tenglama jismning qo'zg'almas u atrofidan tekis o'zgaruvchan aylanma harakati tenglamasini ifodalaydi.

Xulosa: Jismning aylanma harakati tenglamasi $\varphi = f = (t)$, burchak tezligi va burchak tezlanishi qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan butun jismning harakatini kinematik xarakterlaydi. Ammo jism ayrim nuqtalarning harakatini aniqlash uchun bu kattaliklar yetarli emas.

Nazorat savollari:

1. Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma xarakati deb nimaga aytiladi va uning tenglamasi qanlay yoziladi.
2. Jismning burchak tezligi deb nimaga aytiladi.
3. Jismning aylanma xarakati deb nimaga aytiladi.
4. Jismning tekis aylanma xarakati tenglamasini yozing.
5. Tekis o'zgaruvchan aylanma xarakat deb nimaga aytiladi.
6. Tekis o'zgaruvchan aylanma xarakatning burchak tezligi formulasini keltiring.

MAVZU: FAZODA IXTIYORIY JOYLASHGAN KUCHLAR SISTEMASI. QO'ZG'ALMAS O'Q ATROFIDA AYLANMA HARKATDAGI JISM NUQTALARINING TEZLIGI VA TEZLANISHI

Qo'zg'almas o'q atrofida harakatdagi jism nuqtalarining harakatlarini xarakterlovchi kinematik elementlarni, ya'ni traektoriya, tezlik va tezlanishlarni aniqlaymiz.

Jismning aylanish o'qida ikkita qo'zg'almas A va B nuqtalarini olamiz. Jismning aylanish o'qidan R masofada joylashgan M nuqtani olib, uni A va B nuqtalar bilan tutashtiramiz.

Jism aylanish o'qi atrofida MA va MB kesmalarning uzunligi o'zgarmas bo'lganidan M nuqta radiusi R ga teng, markazi aylanish o'qining S nuqtasida joylashgan aylana chizadi. Bu aylana M nuqtaning traektoriyasini ifodalaydi. M nuqta jismning ixtiyoriy nuqtasi bo'lganidan, aylanma harakatdagi jism nuqtalarining traektoriyalari, markaziy aylanish o'qida bo'lgan va aylanish o'qiga tik tekisliklarda joylashgan aylanalardan iborat ekanini ko'ramiz. Endi M nuqtaning traektoriya bo'ylab sharakatini kuzataylik. Biror t vaqtda mazkur nuqta M holatda bo'lib, dt vaqt o'tgandan keyin u traektoriya bo'ylab M holatga ko'chsin. SHu dt vaqt ichida jism o'q atrofida d burchakka aylanadi. Nuqta esa traektoriya bo'ylab ds Rd yoyini bosib o'tadi. M nuqtaning traektoriya bo'ylovab harakat tezligi (22) formulaga muvofiq aniqlandi:

$$\upsilon = \frac{ds}{dt} = R \quad \frac{d\varphi}{dt} = R\omega$$

Bu formula yordamida aniqlanadigan υ tezlik jism nuqtasining chiziqli tezligi deyiladi.

SHunday kilib, qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakatdagi jism ixtiyoriy nuqtasi chiziqli tezligining miqdori jism burchak tezligining mazkur nuqtadan aylanish o'qigacha bo'lgan masofaga ko'paytmasiga teng. CHiziqli tezlik M nuqta chizgan aylanaga yo'nalishi bo'yichao'tkazilgan urinma bo'ylab yo'naladi.

Jismning barcha nuqtalari uchun berilgan onda bir xil qiymatga ega bo'lgani uchun (7) dan quyidagi natijani olamiz: qo'zgalmas o'q atrofida aylanma harakatdagi jism nuqtasining chiziqli tezligi mazkur nuqtadan aylanish o'qigacha bo'lgan masofani mutanosib tarzda o'zgaradi.

Qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakatdagi jism nuqtalarining traektoriyalari aylanmalardan iborat bo'lgani uchun M nuqtaning tezlanishi urinma va normal tezlanishlardan tashkil topadi:

$$(\omega_\tau = \frac{d\upsilon}{dt} \text{ va } \omega_n = \frac{\upsilon^2}{\rho}$$

ko'rilayotgan holda: $\rho = R$ va $\upsilon = R\omega$ bo'lgani uchun.

Urina tezlanish ϖ_τ traektoriyaga o'tkazilgan urinma bo'ylab (agar harakat tezlanuvchan bo'lsa, harakat yo'nalishda; sekinlanuvchan harakatda esa unga teskari) yo'naladi. Normal tezlanish ϖ_n esa R bo'ylab aylanish o'qi tomon yo'nalgan bo'ladi. Ba'zan $\frac{R}{\omega_r}$ ni aylanma tezlanish deb esa markazga intilma tezlanish deb ham yuritiladi.

$$w = \sqrt{w_r^2 + w_n^2} = R\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} . \qquad tg\,\mu = \frac{|\varepsilon|}{\omega^2}$$

topiladi.

Xulosa: Jismning barcha nuqtalari uchun berilgan onda va bir xil qiymatga ega bo'lganidan burchak ham shu onda mazkur nuqtalar uchun bitta qiymatga ega bo'ladi. (10) dan aylanma harakatdagi jism nuqtasining tezlanishi mazkur nuqtadan aylanish o'qigacha bo'lgan masofaga mutanosib ravishda o'zgarishini ko'ramiz.

Nazorat savollari:

1. Aylanma xarakatning burchak tezligi deb nimaga aytiladi?
2. Tekis aylanma xarakat tenglamasini keltiring.
3. Aylanma xarakatning burchak tezlanishi deb nimaga aytiladi.
4. Tekis o'zgaruvchan aylanma xarakat tenglamasini keltiring.

MAVZU: ISHQALANISH. ISHQALANISH TURLARI. NUQTANING MURAKKAB HARAKTI

Reja:

1. Nuqtaning nisbiy xarakati.
2. Nuqtaning ko’chirma xarakati.
3. Nuqtaning absolyut xarakati.
4. Xulosa.

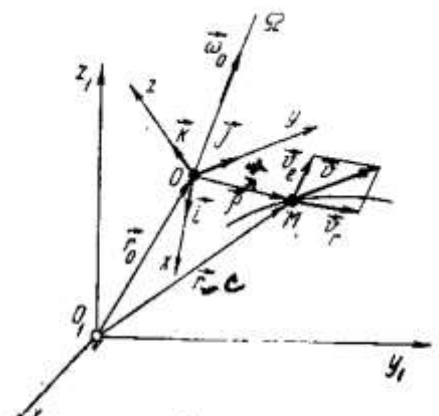
Biz yuqorida nuqtaning va jismning harakatini shartli ravishda qo’zg’almas deb olingan koordinatalar sistemasiga nisbatan tekshirdik. Endi nuqtaning, keyinroq esa jismning, ham qo’zg’aluvchi, ham qo’zg’almas koordinatalar sistemalariga nisbatan harakatini o’rganamiz.

Agar nuqta biror sistemaga nisbatan harakat qilib, bu sistemaning o’zi esa boshqa qo’zg’almas sistemaga nisbatan harakatlansa, nuqtaning harakati murakkab xisoblanadi. Daryoda ketayotgan kemadagi odamning harakati murakkab harkatga misol bo’la oladi. Bunda, odam kema polubasiga, kema esa daryoga, daryo Yerga nisbatan harkat qiladi.

Nuqtaning shartli ravishda qo’zg’almas qilib olingan biror koordinatalar sistemasiga nisbatan harakati absolyut harakat, bu sistemaga nisbatan olgan tezlik va tezlanish deyiladi. Demak, biz shu paytda absolyut harakat, absolyut tezlik va tezlanish bilan ish ko’rib kelgan ekanmiz.

SHunga ko’ra absolyut tezlik va tezlanishlar uchun $\vec{\upsilon}$ va ϖ belgilarni saqlaymiz.

Nuqtaning qo’zg’aluvchi sistemaga nisbatan harakatiga nisbiy harakat deyiladi. Nisbiy tezlik va nisbiy tezlanish deb nuqtaning qo’zg’aluvchi sistemaga nisbatan olgan tezligi va tezlanishiga aytiladi va mos ravishda $\vec{\upsilon}_r$, ϖ_r orqali belgilanadi.


14-расм

Qo’zg’aluvchi sistemaninig qo’zg’almas sistemaga nisbatan harakati ko’chirma harakat deyiladi. Nuqtaning biror ondagi ko’chirma harkat tezligi va ko’chirma tezlanishi deb, qo’zg’aluvchi koordinata sistemasining ayni paytda shu nuqta bilan ustma-ust tushuvchi nuqtasining tezligi va tezlanishiga aytiladi, hamda mos ravishda $\bar{\upsilon}_e$, ϖ_e kabi belgilanadi.

Nuqtaning nisbiy va marakkab harakatlarini tekshirish uchun ikkita koordinatalar sistemasini olamiz. (14-rasm).

M nuqta biror ko’zg’aluvchi $Oxyz$ sistemasiga nisbatan harakat qilsin. $Oxyz$ sistema esa o’zining nisbatida qo’zg’almas $O_1x_1y_1z_1$ sistemasiga nisbatan harakatlansin. M nuqtaning qo’zg’almas koordinatalar sistemasiga nisbatan radius-vektorini $\vec{r}$ qo’zg’aluvchi koordinatalar sistemasiga nisbatan nisbatan radius-vektorini $\vec{\rho}$, boshi O nuqtaning ko’zga ilmas sistemaga nisbatan radius-vektorini $\vec{r}_0$ bilan belgilaymiz.

U holda $\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{p}$ (1) munosabat o'rinli bo'ladi.

M nuqtaning qo'zg'aluvchi koordinatalar sistemasiga nisbatan koordinatalarini $x, y, z,$ qo'zg'aluvchi koordinata o'qlarining birlik yo'naltiruvchi vektorlarini $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ bilan belgilasak,

$$\vec{p} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k} \qquad (2)$$

deb yozish mumkin. SHunga ko'ra (1) ifoda

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k} \qquad (3)$$

ko'rinishini oladi. (3) ifodada qatnashuvchi barcha kattaliklar, shu jumladan $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ ham vaqt funktsiyasi sifatida o'zgaruvchi kattalikdir. Bunda $\vec{r}$ vektorning o'zgarishi nuqtaning absolyut harakatini, $\vec{r}_0$ $, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ vektorlarining o'zgarishi ko'chirma harakatini $x, y, z,$ Koordinatalarining o'zgarishi nisbiy harakatini ifodalaydi.

Xulosa: (3) tenglamani nuqta murakkab harakatining vektor ko'rinishdagi tenglamasi deb atash mumkin. Bu tenglamani qo'zg'alas sistema o'qlariga proektsiyalab, murakkab harakatining koordinatalar ko'rinishadigi tenlamalarni hosil qilishi mumkin.

Nazorat savollari:

1. Nuqtaning murakkab xarakati deb qanday xarakatga aytiladi va misollar bilan tushuntiring.
2. Nuqtaning nisbiy xarakati deb qanday xarakatga aytiladi.
3. Nuqtaning nisbiy tezligi va tezlanishi deb nimaga aytiladi.
4. Nuqtaning ko'chirma xarakat tezligi va tezlanishi deb nimaga aytiladi.
5. Nuqtaning absolyut xarakati deb nimaga aytiladi.
6. Nuqta murakkab xarakatining vektor ko'rinishidagi tenglamasini keltiring.

MAVZU: PARALLEL KUCHLAR MARKAZI VA OG'RLIK MARKAZI. BIR TOMONGAT YO'NALGAN IKKITA PARALLEL KUCHNING QO'SHISH. TEZLIKLARNI QO'SHISH TEOREMASI

Reja:

1. Tezliklarni qo'shish teoremasi.
2. Tezlanishlarni qo'shish (Koriolis) teoremasi.
3. Koriolis tezlanishi.
4. Tezlanishlar parallelgram teoremasi.

Teorema. Nuqtaning absolyut tezligi uning nisbiy va ko'chirma tezliklarining geometrik yig'indisiga teng.

Isbot. (3) tenglamadan vaqt bo'yicha birinchi tartibli hosila olamiz:

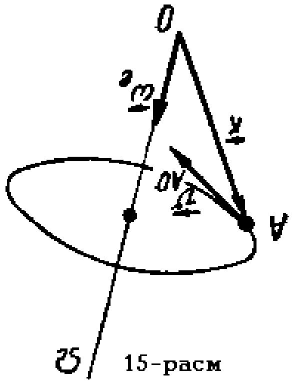
$$\frac{\overrightarrow{dr}}{dt} = \frac{\overrightarrow{dr_0}}{dt} + \left(\frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} + \frac{dz}{dt}\vec{k} \right) + \\ + \left(x\frac{\overrightarrow{di}}{dt} + y\frac{\overrightarrow{dj}}{dt} + z\frac{\overrightarrow{dk}}{dt} \right), \qquad (1)$$

bu yerda $\frac{\overrightarrow{dr}}{dt} = \vec{\upsilon} - M$ nuqtaning absolyut tezligini, $\frac{\overrightarrow{dr_0}}{dt} = \vec{\upsilon}_0 - O$ nuqtaning absolyut tezligini,

$$\frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} + \frac{dz}{dt}\vec{k} = \vec{\upsilon}r -$$

M nuqtaning nisbiy tezligini ifodalaydi.

Birlik vektorlar $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ dan olingan hosilalarni tekshiramiz. Masalan, $\frac{\overrightarrow{dk}}{dt}$ hosilani ko'raylik. Erkin jism harakati nazariyasidan ma'lumki, $Oxyz$ sistema harakatini O nuqta Bilan birgalikda ilgarilanma harakat va O qutb atrofidagi sferik harakatlarning yig'indisidan iborat deb qarash mumkin. U holda, $\frac{\overrightarrow{dk}}{dt}$ radius-vektori $\vec{k}$ bo'lgan A nuqtaning O nuqta atrofida sferik harakatidagi $\vec{\upsilon}_{AO}$ chiziqli tezlik vektorini ifodalaydi (15-rasm). Ammo sferik harakatdagi jism nuqtasining tezligini har onda qutb orqali o'tuvchi aylanish oniy o'qi atrofidagi aylanma harakatdagi tezlik deb olinishi mumkin bo'lganidan



15-расм

$$\frac{d\vec{k}}{dt} = \vec{\upsilon}_{AO} = \varpi_e \times \vec{k} \qquad (2)$$

bo'ladi. (2) ifodada ω_e sferik-ko'chirma harakatning oniy burchak tezlik vektoridir. SHunga o'xshash

$$\frac{d\vec{i}}{dt} = \vec{\omega}_e \times \vec{i}\,, \frac{d\,\vec{j}}{dt} = \vec{\omega}_e \times \vec{j} \qquad (3)$$

bo'ladi. (1)-(3) ifodalarni e'tiborga olib (4) tenglikni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_o + \vec{\vartheta}_r + x\left(\vec{\omega}_e \times \vec{i}\right) + y\left(\vec{\omega}_e \times \vec{j}\right) + z\left(\vec{\omega}_e \times \vec{k}\right) = \\ \vec{\upsilon}_o + \vec{\upsilon}_r + \vec{\omega}_e \times \left(x\vec{i} + y\vec{l} + z\vec{k}\right) = \vec{\upsilon}_r + \vec{\upsilon}_o \times \vec{\rho}. \qquad (4)$$

(3) ni e'tiborga olsak, ko'chirma tezlikning ta'rifiga asosan $\vec{\upsilon}_o + \vec{\omega}_e \times \vec{\rho}$ yig'indi M nuqtaning $\vec{\upsilon}_e$ ko'chirma tezligini ifodalaydi. SHunday qilib,

$\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_r + \vec{\upsilon}_e$ (4) bo'ladi. Teorema isbotlandi.

Agar ko’chirma harakat ilgarilanma harakat bo’lsa, $\vec{\omega}_e = 0,$ binobarin, bu holda ko’chirma tezlik $\vec{\upsilon}_e = \vec{\upsilon}_0$ bo’ladi. Tezliklarni qo’shish teoremasi (4) ifoda ko’rinishida yozila beradi.

Tezlanishlarni qo’shish (Koriolis) teoremasi.

Teorema. Nuqtaning absolyut tezlanishi uning nisbiy, ko’chirma va Koriolis tezlanishlarining geometrik yig’indisiga teng.

Bu teoremani isbot qilish uchun (4) ifodadan vaqt bo’yicha yana bir marta hosila olamiz:

$$\frac{d\vec{\upsilon}}{dt} = \frac{d\vec{\upsilon}_o}{dt} + \left(\frac{d^2x}{dt^2}\,\vec{i} + \frac{d^2y}{dt^2}\,\vec{j} + \frac{d^2z}{dt^2}\,\vec{k} \right) + \left(x\frac{d^2\vec{i}}{dt^2} + y\frac{d^2\vec{j}}{dt^2} + \right.$$

$$\left. + z\,\overrightarrow{\frac{d^2k}{dt^2}} \right) + 2\left(\frac{dx}{dt}\,\overrightarrow{\frac{di}{dt}} + \frac{dy}{dt}\,\overrightarrow{\frac{dj}{dt}} + \frac{dz}{dt}\,\overrightarrow{\frac{dk}{dt}} \right). \qquad (5)$$

(5) ifodada $\frac{d\vec{\upsilon}}{dt} = \varpi - M$ nuqtaning absolyut tezlanishi, $\frac{d\vec{\upsilon}_o}{dt} = \varpi_o - 0$ nuqtaning tezlanishi;

$$\frac{d^2x}{dt^2}\vec{i} + \frac{d^2y}{dt^2}\vec{j} + \frac{d^2z}{dt^2}\vec{k} = \vec{\omega}_r - \qquad (6)$$

M nuqtaning nisbiy tezlanishi ekanligini va (6), (4) munosabatlarni e’tiborga olib, (5) ni quyidagi ko’rinishda yozib olamiz:

$$\vec{\omega} = \vec{\omega}_o + \vec{\omega}_r + \left[x\frac{d}{dt}\left(\vec{\omega}_e \times \vec{i}\right) + y\frac{d}{dt}\left(\vec{\omega}_e \times \vec{j}\right) + z\frac{d}{dt}\left(\vec{\omega}_e \times k\right) \right] +$$

$$+2\left[\frac{dx}{dt}\left(\vec{\omega}_e \times \vec{i}\right) + \frac{dy}{dt}\left(\vec{\omega}_e \times \vec{j}\right) + \frac{dz}{dt}\left(\vec{\omega}_e \times \vec{k}\right) \right] \qquad (7)$$

yoki

$$\vec{\omega} = \vec{\omega}_o + \vec{\omega}_r + \frac{d_{\omega e}}{dt} \times \left(x\vec{i} + y\vec{i} + z\vec{k} \right) + \vec{\omega}_e \times \left(x\frac{d\vec{i}}{dt} + y\frac{d\vec{j}}{dt} + \right.$$

$$\left. + z\frac{d\vec{k}}{dt} \right) + 2\left[\vec{\omega}_e \times \left(\frac{dx}{dt}\,\vec{i} + \frac{dy}{dt}\,\vec{j} + \frac{dz}{dt}\,\vec{k} \right) \right], \qquad (8)$$

bunda $\vec{\varepsilon}_e = \frac{d\vec{\omega}_e}{dt}$ bo’lib, $\varepsilon_e -$ko’chirma harakat oniy burchak tezlanish vektorini ifodalaydi; (2), (3)–(4) ifodalarni e’tiborga olsak, quyidagiga ega bo’lamiz:

$$\vec{\omega} = \vec{\omega}_r + \vec{\omega}_o + \vec{\varepsilon}_e \times \vec{\rho} + \vec{\omega}_e \times \left(\vec{\omega}_e \times \vec{\rho} \right) + 2\left(\vec{\omega}_e \times \vec{\upsilon}_r \right) \qquad (9)$$

(3) ifodani nazarda tutsak, ko’chirma tezlanish ta’rifiga ko’ra $\vec{\omega}_o + \vec{\varepsilon}_e \times \vec{\rho} + \vec{\omega}_e \times \left(\vec{\omega}_e \times \rho\right)$ yig’indi M nuqtaning $\vec{\omega}_e$ ko’chirma tezlanishi ifodalaydi. U holda

$$\vec{\omega} = \vec{\omega}_r + \vec{\omega}_e + 2\vec{\omega}_e \times \vec{\upsilon}_r$$

bo'ladi. Bu ifodaning o'ng tomonidagi

$$\vec{\omega}_k = 2\vec{\omega}_e \times \vec{\upsilon}_r$$

vektor qo'shimcha yoki Koriolis tezlanishi deb ataladi. Bu vektor ko'paytmani tezlanish deb olinishiga asos shuki, uning o'lchov birligi tezlanish birligi bilan bir xildir. SHunday qilib,

$$\vec{\omega} = \vec{\omega}_r + \vec{\omega}_e + \vec{\omega}_k \qquad (10)$$

Teorema isbot qilindi.

Nisbiy va ko'chirma harakatlar egri chiziqli bo'lsa, nisbiy va ko'chirma tezlanishlarning har biri urinma va normal tashkil etuvchilardan iborat bo'ladi. U holda (10) formula

$$\vec{\omega} = \vec{\omega}_r^n + \vec{\omega}_r^\tau + \vec{\omega}_e^n + \vec{\omega}_e^\pi + \vec{\omega}_k \qquad (11)$$

ko'rinishda yoziladi. (11) ga binoan nuqta absolyut tezlanishining miqdori va yo'nalishini aniqlashda analitik usuldan foydalanish qulay. Buning tezlanishning o'zaro perpendikulyar bo'lgan 3 ta o'qlardagi proektsiyalari (11) ni shu o'qlarga proektsiyalash orqali topiladi.

Ma'lumki, Koriolis tezlanishi

$$\vec{w}_k = 2\vec{\omega}_e \times \vec{v}_r \qquad (12)$$

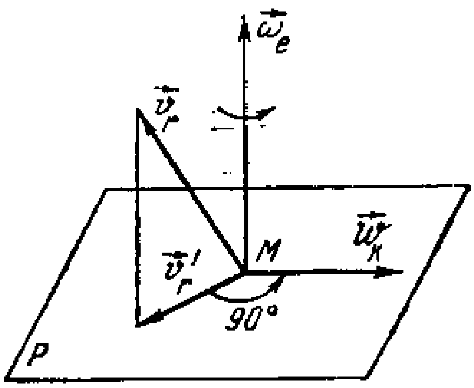
Formula bilan aniqlanadi. (12) da $\vec{\omega}_e$ ko'chirma harakatining oniy burchak tezligi, $\vec{v}_r$ esa nuqtaning nisbiy tezligi bektoridir. Binobarin, Koriolis tezlanishi ko'chirma harakat burchak tezlik vektori bilan nuqtaning nisbiy tezlik vektorining ikkilangan vektor ko'paytmasiga teng.

Vektor ko'paytma ta'rifiga ko'ra Koriolis tezlanishining miqdori

$$w_k = 2\omega_e v_r \sin(\vec{\omega}_e \hat{,} \vec{v}_r) \qquad (13)$$

formuladan aniqlanib, $\vec{\omega}_e$ va $\vec{v}_r$ vektorlariga perpendikulyar ravishda shunday yo'nalganki, w_k ning musbat uchidan qaraganda $\vec{\omega}_e$ vektorning $\vec{v}_r$ ga qarab eng kichik burchakka aylanishi soat strelkasi harakatiga teskari ko'rinishi kerak.

Koriolis tezlanishining yo'nalishini quyidagi Jukovskiy qoidasidan foydalanib aniqlash qulay:



16-расм

1) $\vec{\omega}_e$ vektoriga perpendikulyar R tekislik o'tkziladi. (16-rasm).

2) v vektorning shu R tekislikdagi proektsiyasi aniqlanadi.

3) $\vec{v}_r$ vektori ko'chirma harakat yo'nalishida 90^0 ga burilsa, Koriolis tezlanishning yo'nalishi xosil bo'ladi.

Ko'chirma harakat ilgarilama harakatdan iborat holda $\omega_e = 0$ bo'lgani tufayli Koriolis tezlanishi ham nolga teng bo'ladi. Unda (10) quyidagicha yoziladi:

$$\vec{w} = \vec{w}_r + \vec{w}_e \qquad (14)$$

(14) tezlanishlar parallelogrami teoremasini ifodalaydi.

Xulosa: ko'chirma harakat ilgarilama harakat bo'lganda, nuqtaning absolyut tezlanishi nisbiy va ko'chirma tezlanishilar vektorlariga qurilgan parallelogramm diogonali bilan aniqlanadi.

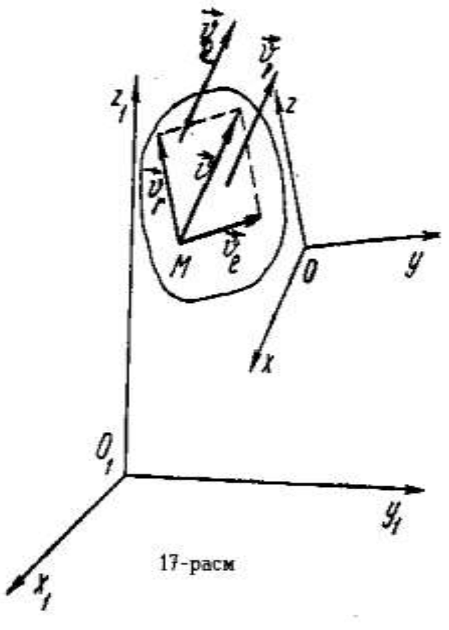
Biror onda nuqtaning nisbiy tezligi nolga teng bo'lgan, shuningdek, ko'chirma harakatning burchak tezlik vektori $\vec{\omega}_e$ bilan nisbiy tezlik vektori $\vec{v}_r$ kollinear bo'lgan holda ham Koriolis tezlanishi nolga teng bo'ladi.

Nazorat savollari:

1. Tezliklarni qo'shish teoremasini isboti bilan keltiring.
2. Tezlanishlarni qo'shish Koriolis teoremasini ayting va isbotini keltiring.

MAVZU: KINEMATIKA. ASOSIY TUSHUNCHALAR. NUQTA KINEMATIKASI. QATTIQ JISMNING MURAKKAB XARAKATI.

Reja:
1. Jismning ilgarilama xarakatlarini qo'shish.
2. Jismning kesishuvchi o'qlar atrofidagi aylanma harakatlarini qo'shish.
3. Xulosa.



17-расм

Qattiq jism $Oxyz$ qo'zg'aluvchi koordinatalar sistemasiga nisbatan $\vec{\upsilon}_1$ tezlik bilan ilgarilama harakatda bo'lsin. SHu bilan bir vaqtda $Oxyz$ koordinatalar sistemasi $O_1x_1y_1z_1$ qo'zg'almas koordinatalar sistemasiga nisbatan $\vec{v}_2$ tezlik bilan ligarilama harakat qilsin. U holda jismning ilgarilama harakatiga oid teoremaga binoan, jism barcha nuqtalarining, shu jumladan ixtiyoriy M nuqtasining ko'chirma tezligi $\vec{v}_e = \vec{v}_1$ nisbiy tezlik esa $\vec{v}_r = \vec{v}_2$ bo'ladi.

Tezliklarni qo'shish teoremasiga ko'ra jism M nuqtasining absolyut tezligi $\vec{v} = \vec{v}_e + \vec{v}_r = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$

(17-rasm) tenglik bilan aniqlanadi. M nuqta jismning ixtiyoriy nuqtasi bo'lgani uchun (1) dan ko'ramizki, jism barcha nuqtalari bir xil absolyut tezlikka ega bo'ladi, ya'ni jismning absolyut harakati ilgarilama harakat bo'ladi.

SHunday qilib, ko'chirma va nisbiy harakatlari ilgarilama harakat bo'lgan jismning absolyut harakati ham ilgarilama harakat va nisbiy tezliklarning geometrik yig'indisiga teng.

Jism $Oxyz$ sistemasiga nisbatan biror Oz o'q atrofida $\vec{w}_r$ burchak tezlik bilan aylanma harakat qilsin. $Oxyz$ sistemasining o'zi esa biror qo'zg'almas $O_1 x_1 y_1 z_1$ sistemaga nisbatan $O_1 z_1$ o'q atrofida $\vec{w}_e$ burchak tezlik bilan aylanib, Oz va $O_1 z_1$ o'qlar biror P nuqtada kesishsin (P nuqta tekshirilayotgan jismga tegishli bo'lmasligi ham mumkin). Jism bir yo'la ikki aylanma harakatda ishtirok etayapti.

Ulardan biri P_z o'q atrofida $\vec{w}_r$ burchak tezlik bilan sodir etilayotgan nisbiy harakat, ikkinchisi esa P_z o'q atrofida $\vec{w}_e$ burchak tezlik bilan sodir bo'layotgan ko'chirma harakatdir.

O'z-o'zidan ravshanki, P nuqtaning tezligi nolga teng. Bu holda jismning absolyut harakati P nuqtadan o'tuvchi biror PΩ oniy o'q atrofidagi oniy aylanma harakat ekanligini ko'rsatamiz. Buning uchun jismda tezligi ayni paytda nolga teng bo'lgan ikkinchi bir nuqta mavjudligini ko'rsatish kifoya. Burchak tezlik vektori siljuvchi vektor bulgani uchun $\vec{w}_r$ va $\vec{w}_e$ vektorlarni P nuqtaga ko'chirib, bu vektorlarga PDCE parallelogramm quramiz. Hosil bo'lgan C nuqtaning tezligi ayni paytda nolga teng bo'lishini isbotlaymiz. C nuqtaning nisbiy harakatdagi chiziqli tezlik vektori $\vec{v}_{cr}$ va ko'chirma harkatdagi chiziqli vektori $\vec{v}_{ce}$ PDCE paralleogramm tekisligiga perpndikulyar ravishda bir-biriga qarama-qarshi yo'nalgan bo'lib, modullari mos ravishda:

$$\begin{aligned} \vec{v}_{cr} &= CD' \cdot w_r = 2S_{\Delta PDC} \\ \vec{v}_{ce} &= CE' \cdot w_r = 2S_{\Delta PEC} \end{aligned} \qquad (2)$$

Tengliklar bilan ifodalanadi. Bunda $S_{\Delta PDC} = S_{\Delta PEC}$ bo'lgani uchun $\vec{v}_{cr} = -\vec{v}_{ce}$ ekan. Tezliklarni qo'shish haqidagi teoremaga asosan:

$$\vec{v}_c = \vec{v}_{cr} + \vec{v}_{ce} = 0 \qquad (3)$$

bo'ladi. Demak, C nuqtaning ayni paytdagi tezligi nolь bo'ladi.

SHunday qilib, P va C nuqtalar orqali o'tuvchi o'qdagi barcha nuqtalarning oniy tezliklari nolga teng va o'q jismning aylanish oniy o'qidan iborat.

Jismnig absolyut harakatdagi absolyut burchak tezlik vektorini aniqlaymiz. M jismning ixtiyoriy nuktasi bo'lsin. M nuqtani P nuqta bilan tutashtirib, vektorni hosil qilamiz. M nuqtaning absolyut tezligi $\vec{v}_r = \vec{w}_r \times \vec{r}$, nisbiy tezligi $\vec{v} = \vec{\omega} \times \vec{r}$ va ko'chirma tezligi $\vec{v}_e = \vec{\omega}_e \times \vec{r}$ formulalardan aniqlanadi. Lekin $\vec{v} = \vec{v}_r + \vec{v}_e$ bo'lani uchun

$$\vec{\omega} \times \vec{r} = \vec{\omega}_r \times \vec{r} + \vec{\omega}_e \times \vec{r} = (\vec{\omega}_r + \vec{\omega}_e) \times \vec{r} \qquad (4)$$

Bu tenglikdan quyidagi kelib chikadi:

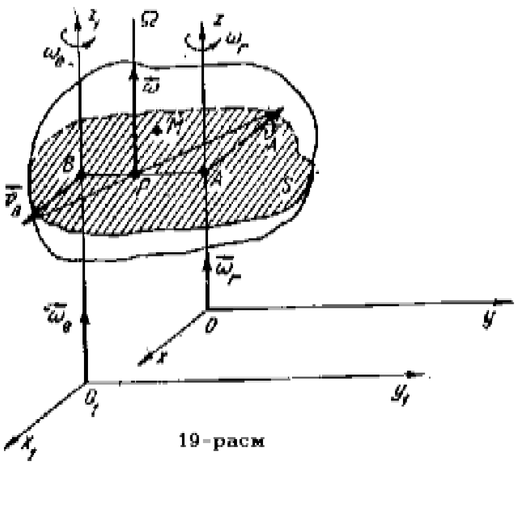
$$\vec{\omega} = \vec{\omega}_r + \vec{\omega}_e$$

Xulosa: SHunday qilib, kesishuvchi uklar atrofidagi aylanma harkatlarni qo'shish aylanish oniy o'qi atrofidagi oniy aylanma harkatga keltirilib, va absolyut harakatning burchaak tezlik vektori nisbiy va kuchirma harakatdagi burchak tezlik vektorlarining geometrik yigindisiga teng. Umuman, jism bir nuqtada kesishuvchi ta o'qlar atrofida $\vec{\omega}_1, \vec{\omega}_2, ..., \vec{\omega}_n$ burchak tezliklar bilan aylanma harakat qilsa, absolyut burchak tezlik vektori ularning yig'indisiga teng buladi:

Nazorat savollari:

1. Qattiq jismning murakkab xarakati deb nimaga aytiladi.
2. Ko'chirma va nisbiy xarakatlar uchun ilgarilanma xarakatni ifodalang.
3. Jismning kesishuvchi o'qlar atrofidagi aylanma xarakat tenglamasini keltiring.

MAVZU: QATTIQ JISMNING QO'ZG'ALMAS O'Q ATROFIDAGI AYLANMA HARAKATI TENGLAMASI. JISMNING PARALLEL O'QLAR ATROFIDAGI AYLANMA HARAKATLARINI QO'SHISH.


19-расм

Jism $Oxyz$ sistemasiga nisbatan Oz o'q atrofida $\vec{\omega}_r$ burchak tezlik bilan aylanma harakatda bo'lsin. (19-rasm). $Oxyz$ sistema esa shu vaqtning o'zida qo'zg'almas $O_1 x_1 y_1 z_1$ sistemaga nisbatan Oz o'qqa parallel bo'lgan $O_1 z_1$ o'q atrofida $\vec{\omega}_e$ burchak tezlik bilan aylansin. U xolda jism ixtiyoriy M nuqtasining tezligi tezliklarni qo'shish teoremasiga ko'ra quyidagicha aniqlanadi:

$$\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}_e + \vec{\upsilon}_r \quad (1)$$

Bunda nuqtaning ko'chirma va nisbiy tezliklari $O_1 z_1$ va Oz o'qlariga perpendikulyar tekislikda yotgani uchun uning absolyut tezligi ham shu tekislikda yotadi. M-jismning ixtiyoriy nuqtasidir: demak, jismning hamma nuqtalari $O_1 z_1$ o'qqa perpendikulyar bo'lgan $O_1 x_1 y_1$ tekislikka pararllel tekisliklarda harakatlanadi, ya'ni bu holda jismning absolyut harakati tekis parallel harakatga keltiriladi. Jismning tekis parallel harakatini tezliklar oniy markazidan o'tuvchi aylanish oniy o'qi atrofida aylanma harakat deb qarashi mumkin edi. SHunday qilib, qo'yilgan masalani hal qilish aylanish oniy o'qining xolatini aniqlash va shu oniy o'q atrofidagi absolyut harakatning oniy burchak tezligini aniqlash keltiriladi. Aylanish oniy o'qining xolati albatta ko'chirma va nisbiy harakatlarning aylanish yo'nalishiga bog'liq. Bunda quyidagi uch hol bo'lishi mumkin:

1) $\vec{\omega}_e$ va $\vec{\omega}_r$ vektorlari bir xil yo'nalishga ega, ya'ni ko'chirma va nisbiy harakatlarning aylanish yo'nalishlari bir xil;

2) $\vec{\omega}_e$ va $\vec{\omega}_r$ vektorlari qarama-qarshi tomonga yo'nalgan bo'lib, miqdorlari teng emas:

3) ω_e va ω_r miqdorlari teng va antiparallel yo'nalgan xol.

Har uchala xolni alohida-alohida ko'rib chiqamiz.

1) parallel o'qlar atrofida bir xil yo'nalishdagi aylanma harakatlarni qo'shish.

Ko'chirma va nisbiy harakatlar mos ravishda O_1z_1 va Oz o'qlarning musbat uchidan qaraganda soat strelkasi aylanishiga teskari yo'nalishdagi aylanma harakatlardan iborat bo'lsin. Aylanish oniy o'qi $P\Omega$ ning O_1z_1 o'qlariga parallel bo'lishi ravshan: shuning uchun P nuqta xolatini topish kifoya.

Jismda $O_1x_1y_1$ tekislikka parallel tekislik o'tkazish natijasida unda xosil bo'lgan tekis shaklni, bu tekis shakl bilan Oz va o'qlarning kesishish nuqtalari mos ravishda A va B bo'lsin. U xolda A va B nuqtalarning tezligi;

$$v_A = \omega_e \cdot AB \qquad (2)$$

$$v_B = \omega_r \cdot AB \qquad (3)$$

tengliklar bilan aniqlanib, $\vec{\upsilon}_A$ va $\vec{\upsilon}_B$ vektorlar o'zaro parallel, qarama-qarshi yo'nalgan. Tezliklar oniy markazini aniqlash qoidasiga ko'ra, bu holda P nuqta AB kesma bilan $\vec{\upsilon}_A$ va $\vec{\upsilon}_B$ vektorlar uchlarini tutashtiruvchi CD to'g'ri chiziqning kesishish nuqtasida bo'ladi. Absolyut harakat oniy burchak tezligini $\vec{\omega}$ desak,

$$v_A = \omega \cdot PA, \quad v_B = \omega \cdot PB \qquad (4)$$

o'rinli bo'ladi. Bularni (2) va (3) ga qo'yamiz:

$$\omega \cdot PA = \omega_e \cdot AB \qquad (5)$$

$$\omega \cdot PB = \omega_r \cdot AB \qquad (6)$$

(5) va (6) ifodalarni hadma-had bo'lsak,

$$\frac{PA}{PB} = \frac{\omega_e}{\omega_r} \qquad (7)$$

kelib chiqadi. (7) dan R nuqta holati aniqlanadi. (5) va (6) ni hadma-had qo'shaylik:

$$\omega(PA + PB) = (\omega_e + \omega_r) \cdot AB \text{ yoki } \omega = \omega_e + \omega_r \qquad (8)$$

(8) dan absolbyut harakatning oniy burchak tezligini aniqlanadi. SHunday qilib, parallel o'qlar atrofida jismning bir xil yo'nalishdagi aylanma harakatlari shu o'qlarga parallel bo'lgan holati, (7) tenglik bilan aniqlanuvchi aylanish oniy o'qi atrofidagi oniy aylanma harakatdan iborat: bu absolyut harakatning oniy brchak tezligi ko'chirma va nisbiy harakatlar burchak tezliklarining arifmetik yig'indisiga teng:

Agar jism n ta parallel o'qlar atrofida bir tomonga yo'nalgan $\vec{\omega}_1, \vec{\omega}_2, ..., \vec{\omega}_n$ burchak tezliklar bilan aylanma harakatdan iborat bo'lsa, absolyut harakatning oniy burchak tezligi ularning yig'indisiga teng bo'ladi:

$$\omega = \omega_1 + \omega_2 + ... + \omega_n$$

2) Burchak tezliklari miqdor jihatdan teng bo’lmay, qarama-qarshi tomonga yo’nalgan aylanma harakatlarni qo’shish. Jismning nisbiy harakati Oz o’qning musbat uchidan qaraganda soat strelkasi aylanishi bo’yicha, ko’chirma harakat esa O o’qning musbat uchidan qaraganda soat strelkasi harakatiga teskari yo’nalishda hamda $\omega_e > \omega_r$ bo’lsin.

Bu holda ham avvlgi 1-holdagi singari muloxazalar yuritib, jismning absolyut harakati P nuqtadan o’tuvchi $P\Omega$ aylanish oniy o’qi atrofidagi oniy aylanma harakatdan iborat bo’lishini, bu oniy aylanma harakat burchak tezligi ko’chirma va nisbiy harakatlar burchak tezliklarining algebraik yig’indisiga tengligini, ya’ni $\omega = \omega_e + \omega_r$-ekanligini isbot qilish mumkin: aylanish oniy o’qining xolati (7) tenglik bilan aniqlanib, P nuqta AB oraliqda emas, shu tomonda AB kesma tashqarisida joylashadi. Absolyut harakatning burchak tezligi, berilgan aylanish o’qlariga parallel ravishda, burchak tezligi katta bo’lgan harkatning burchak tezligi vektorlariga mos yo’naladi.

3) Burchak tezliklari miqdor jixatidan teng yo’nalishlari parallel qarama-qarshi tomonga aylanuvchi harakatlarni qo’shish. Bu xolda jismning absolyut harakatini aniqlash uchun tekis shakldagi ixtiyoriy M nuqtaning tezligini aniqlaymiz.

Tezliklarni qo’shish teoremasiga ko’ra $\vec{v}_M = \vec{v}_e + \vec{v}_r$ $\vec{v}_e$ ko’chirma tezlik miqdori

$$\vec{v}_e = MB \cdot \vec{w}_e \qquad (9)$$

tenglik bilan aniqlanib, tekis shakl tezliida MV ga perpendikulyar yo’nalgan tezlik miqdori

$$\vec{v}_r = MB \cdot \vec{w}_r \qquad (10)$$

ga teng va $\vec{v}_r \perp MA$.

$\vec{v}_M = \vec{v}_e + \vec{v}_r$ tenglikka ko’ra ko’rilgan MKL uchburchak bilan VMA uchburchak o’xshashdir, chunki $KL \perp BM$, $KM \perp MA$ va $M\overset{\frown}{K}L = B\overset{\frown}{M}A$ (9),(10) ifodalarni hamda MKL va VMA uchburchaklarning o’xshashligini e’tiborga olib kuyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{v}{AB} = \frac{v_e}{BM} = \frac{v_r}{MA} = w_e \quad \text{Bundan} \quad v = w_e \cdot AB \qquad (11)$$

M va VMA o’xshash uchburchaklarning ikkitadan tomonlari mos ravishda o’zaro perpendikulyar bo’lgani uchun AV va M tomonlari ham o’zaro perpendikulyardir. Demak $\vec{v}$ absolyut tezlik vektori Avkechmaga perpendikulyar. M tekis shaklining ixtiyoriy nuktasi bo’lganidan bu shakl barcha nuktalarning absolyut tezliklari AV ga perpendikulyar va miqdorlari o’zaro teng. Demak, S kesimning o’z navbatida jismning absolyut harakati ilgarilanma harakatdan iborat ekan.

Parallel o’qlar atrofida qarama-qarshi yo’nalishda bir xil burchak tezlik bilan sodir bo’luvchi ikki aylanma harakat juyft aylanish deb ataladi: (11). Tenglik bilan aniklanuvchi miqdor esa juft aylanish momenti deyiladi. SHunday kilib, juft aylanish ilgarilama harakatda ekvivalent bo’lib, bunday xarakatdagi jism nuqtasining tezligi juft aylanish momentiga teng:

Masala. masalada Sun’iy yo’ldosh doiraviy orbita bo’ylab ekvator tekisligida harakatlanid deb olib, u g’arbdan sharqqa tomon va sharqdan

g’rbga tomon uchayotgan hollar uchun Sun’iy yo’ldoshning Yerga nisbatan burchak tezligi aniqlansin.
Echish: Yer g’arbdan sharqqa qarab o’q o’i atrofida aylanadi.: bunda harakat burchak tezligi $\vec{w}_e = 7{,}27 \cdot 10^{-5} c^{-1}$, absolyut harakat burchak tezligi $w = \dfrac{v}{R+H} = 118{,}18 \cdot 10^{-5} c^{-1}$ ekanligi masaladan bizga ayon.
Agar Sun’iy yo’ldosh g’arbdan sharqqa qarab ekvator tekisligida harakatlansa, $\vec{w}_e, \vec{w}$ va shu bilan birga w_1 vektorlarning yo’nalishlari bir xil bo’ladi. Bu holda bir xil yo’nalishdagi o’qlar atrofidagi aylanma sharakatlarnin qashilishida hosil qilingan (8) formuladan foydalanamiz:
$w = w_e + w_r$

Bu tenglikdan $w_r = w - w_e = 110{,}91 \cdot 10^{-5} c^{-1}$ hosil bo’ladi.
Sun’iy yo’ldosh ekvator tekisligida sharqdan g’arbga qarab uchsa, absolyut harakat burchak tezlik vektori $\vec{w}$ bilan nisbiy harakat burchak tezlik vektori $\vec{w}_r$ ko’chirma sharakat burchak tezlik vektori $\vec{w}_e$ ga qarama-qarshi yo’naladi.
Bu holda ko’chirma va nisbiy harakatlar qarama-qarshi yo’nalishda bo’lgani uchun absolyut harakat burchak tezligi quyidagicha aniqlanadi:
$w = w_r - w_e$
Bunda: $w_r = w + w_e = 125{,}45 \cdot 10^{-5} c^{-1}$ kelib chiqadi.

MAVZU: TEKIS PARALLELL HARAKATNING HUSUSIYATLARI. TEKIS SHAKLNING HARAKAT TENGLAMASI. QATTIQ JISMNING TEKIS PARALLEL HARAKATI

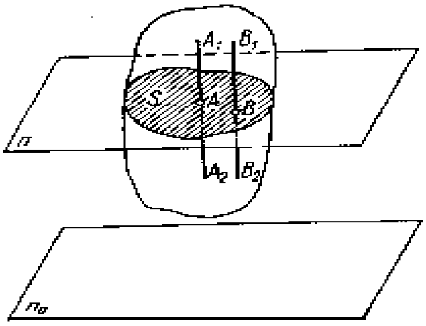
Reja:

1. Tekis parallel harakatning xususiyatlari.
2. Tekis shaklning harakat tekisligida ko’chishi.
3. Xulosa.

Jismning har bir nuqtasi doimo biror qo’zg’almas Π_0 tekislikka parallel tekislikda harakatlansa, uning bunday harakati tekis parallel harakat deyiladi.

Qattiq jismning tekis parallel harakatiga quyidagi misollarni keltirish mumkin: 1) asosi doimo biror qo’zg’almas tekislikda sirpanuvchi konusning harakati; 2) to’g’ri chiziqda relьsda g’ildirakning dumalog’i; 3) bir tekislikda harkatlanuvchi mashina va mexanizm qismlarining harkati va hokazo.

Qattiq jismning tekis parallel harkatini o’rganish uchun jism orqali Π_0 tekislikka parallel bo’lgan ixtiyoriy Π tekislikni o’tkazamiz. Π tekislik jismda qirqimni xosil qiladi. (20-rasm) Kelgusida yuzani tekis shakl deb ataymiz. Tekis shakl hamma vaqt Π tekislikda harakatlanadi. Tekis parallel harakatdagi jismda Π tekislikka perpendikulyar qilib olingan. A_1A_2 kesma o’ziga parallel ravishda qo’yadi, ya’ni A_1A_2 kesma ilgarilanma harakatda bo’ladi. SHu sababli jismning bu kesmada yotgan hamma nuqtalarning harakatini o’rganish o’rniga, ulardan birining masalan tekis shakl A nuqtasining harakatini o’rganish kifoya. SHuningdek, Π rekislikka perpendikulyar B_1B_2 kesmaning harakatini o’rganish o’rniga uning yuzadagi B nuqtasining harakatini o'rganish yetarlidir. SHunday qilib, qattiq jismning tekis parallel harakatini o'rganish uchun jismda Π_0 qo'zg'almas tekislikda parallel bo'lgan yuzaning Π rekislikdagi harakatini bilsak kifoya.



20-расм

Tekis shakl harakatlanadigan Π tekislik tekis shaklning harakat tekisligi deyiladi. Harakat tekisligida joylashagn qo'zg'almas Oxy koordinatalar sistemasiga nisbatan tekis shaklning harakatini o'rganamiz. Kelgusida harakat tekisligi uchun shakl tekisligi olamiz.

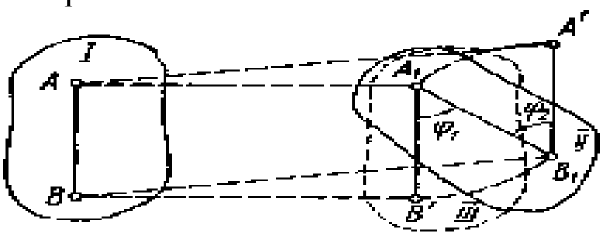
Tekis shaklning o'z tekisligidagi harakati uning ixtiyoriy ikki nuqtasining xolati bilan yoki bu nuqtalarni tutashtiruvchi kesmaning xolati bilan aniqlanadi.

SHu sababli tekis shaklning harakatini o'rganish o'rniga unda olingan ixtiyoriy kesmaning harakatini o'rganish kifoya.

Tekis shakl harakatini undagi kinematik xolati aniq bo'lgan nuqta harakatiga bog'liq o'rganish qulay bo'ladi: bu nuqta qutb deb yuritiladi.

Tekis shaklning ko'chishiga oid quyidagi teoremani isbotlaymiz.

Teorema. Tekis shaklning harakat tekisligidagi har qanday kuchni qutb bilan birgalikdagi ilgarilanma harakati hamda qutbdan harakat tekisligiga perpendikulyar ravishda o'tuvchi o'q atrofidagi aylanma harakatidan tashkil topgan deb qarash mumkin.



21-расм

I***sbot.*** Tekis shaklning harakat tekisligidagi ixtiyoriy ikki xolatni olamiz. Uning 1-holati AB bilan, 2-holati esa $\boxed{}$ bilan aniqlansin (21-rasm) A nuqtani qutb deb olib, tekis shaklga shunday ilgarilanma ko'chish beramizki, natijada A nuqta A_1 nuqta bilan ustma-ust tushsin. U holda shakl punktir bilan chizilgan 3 holatni egallaydi, bunda $A_1B' \parallel AB$. Tekis shaklning ilgarilanma ko'chishi AA_1 vektor bilan aniqlanadi. A_1 nuqtadan harakat tekisligiga perpendikulyar ravishda o'tuvchi o'q atrofida tekis shaklni $B'A_1B_1 = \varphi_1$ burchakka aylantirsak, tekis shakl 2 holatni egallaydi. SHunday qilib, teorema isbotlandi.

Xulosa: Qutb uchun B nuqtani olsak, ilgarilanma ko'chish BB_1 vektor bilan ifodalanadi. Tekis shaklni B_1 kutb atrofida $A'B_1A_1 = \varphi_2$ burchakka aylantirsak, tekis shakl 2 holatni egallaydi. Rasmdan ko'ramizki, $\overline{BB_1} \neq \overline{AA_1}$; ya'ni ilgarilanma ko'chish qutbni tanlashga bog'liq bo'ladi: $\overline{B'A} \parallel \overline{B_1A'}$ va A_1B_1

umumiy bo’lgani uchun $\varphi_1 = \varphi_2$ hamda aylanish yo’nalishi bir xil bo’ladi. SHunday qilib, qutb atrofida aylanish burchagi qutbni tanlashga bog’liq bo’lmaydi.

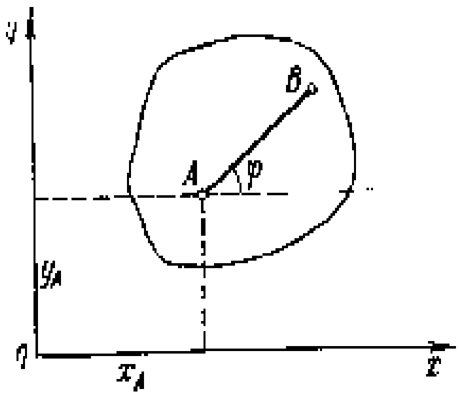
Nazorat savollari:

1. Qattiq jismning tekis parallel xarakati deb nimaga aytiladi.
2. Tekis parallel xarakatning xususiyatlari nimadan iborat.
3. Tekis shaklning xarakat tekisligida ko’chishi haqidagi teoremani isbotlab bering.

MAVZU: QATTIQ JISMNING QO’ZG’ALMAS NUQTA ATROFIDA AYLANUVCHI JISMNING KO’CHISHIGA OID EYLER-DALAMBER TEOREMASI. TEKIS SHAKLNING HARAKAT TENGLAMASI

Reja:

1. Tekis shakl nuqtasining tezligini qutb usulida aniqlash.
2. Tekis shakl ikki nuqtasi tezliklarining proektsiyalariga oid teorema.
3. Tezliklarning oniy markazi.
4. Tekis shakl nuqtalarining tezliklarini oniy markazdan foydalanib aniqlash.
5. Xulosa.



22-расм

Yuqorida isbotlangan teoremaga asosan, tekis shaklning o’z tekisligida har ondagi harakatini ilgarilanma va aylana harakatlardan iborat deb qarash mumkin:ilgarilanma harakat qutbni tanlashga bog’liq bo’ladi va qutb uchun olingan nuqtaning harakati bilan aniqlanadi.

Tekis shaklning biror A nuqtasini qutb uchun qabul qilib, uning qo’zg’almas Oxy koordinatalar sistemasiga nisbatan koordinatalarini x_A, y_A bilan belgilaymiz. (22-rasm). A nuqtaning harakatini aniqlaydigan

$$x_A = f_1(t),\ y_A = f_2(t) \quad (1)$$

tenglamalar tekis shaklning ilgarillanma harakatini ifodalaydi. Tekis shaklda olingan ixtiyoriy AB kesmaning x o’q bilan tashkil qilgan burchagini φ bilan belgilasak, jism harakatlangada φ burchak vaqt funktsiyasi sifatida o’zgaradi:

$$\varphi = f_3(t) \quad (2)$$

SHunday qilib, tekis shaklning harakati

$$\left.\begin{aligned} x_A &= f_1(t), \\ y_A &= f_2(t) \\ \varphi &= f_3(t) \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

tenglamalar bilan aniqlanadi. (3) tenglamalar qattiq jismning tekis parallel harakati tenglamlari deyiladi.

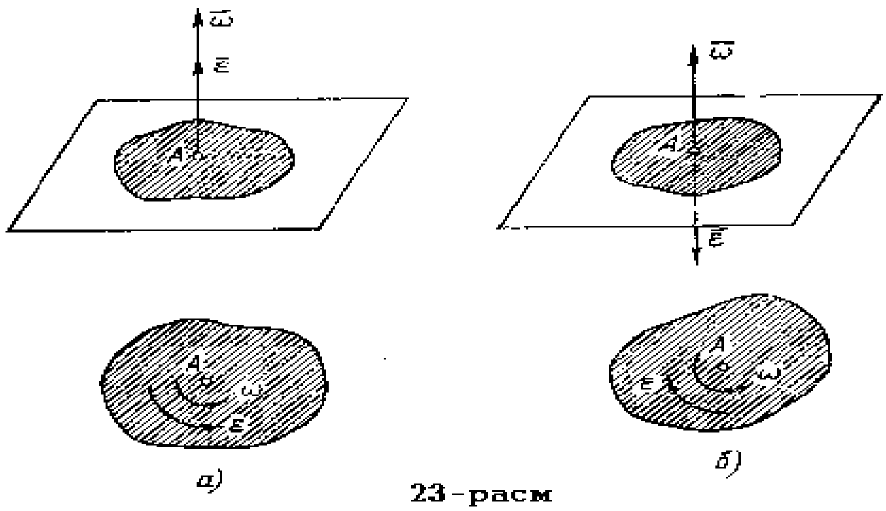
Xususiy holda $\varphi = const$ bo'lsa, tekis shaklda olingan AB kesma doimo o'ziga parallel ravishda harakatlanadi va tekis shakl (yoki jism) ilgarilanma harakatda bo'ladi. Agar harakat davomida x_A va y_A lar o'zgarmas qiymatga ega bo'lsa-yu, burchak o'zgarsa, u holda A nuqta qo'zg'lmasdan qoladi va tekis shakl A nuqta atrofida aylanma harakatda bo'ladi, ya'ni jism A nuqtadan o'tuvchi va shakl tekisligiga o'q atrofida aylanma harkatda bo'ladi.

Ma'lumki, qutb atrofida aylanish burchagi qutbga bog'liq bo'lmaydi. SHu sababli tekis shakl qutb atrofida aylanganida uning barcha nuqtalar har onda bir xil burchak tezlik va bir xil burchak tezlanishga ega bo'lgan va quyidagi formula vositasida aniqlanadi:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}, \qquad \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2} \qquad (4)$$

Burchak tezlik $\vec{\omega}$ va burchak tezlanish vektorlari tekis shakl tekisligiga A qutb orqali o'tgan perpendikulyar chiziqda yotadi. Agar tekis shakl qutb atrofida tezlanuvchi aylanma harakatda bo'lsa va bir tomonga (23-rasm, a) sekinlanuvchi aylanma harakat qilsa, qaram-qarshi tomonga yo'naladi. (23-rasm, v)

Tekis shakl nuqtalarining tezliklari orasidagi bog'lanish quyidagi teorema yordamida aniqlanadi.



23-расм

Teorema. Tekis shakl ixtiyoriy nuqtasining tezligi qutb tezligi bilan mazkur nuqtaning qutb atrofidagi aylanma bo'ylab harakatidagi chiziqli tezligining geometrik yig'indisiga teng.

Isbot. Tekis shaklning harakatini qo'zg'almas Oxy koordinatalarsistemasiga nisbatan tekshiramiz. x nuqtani qutb deb olsak, ixtiyoriy B nuqtaning Oxy sistemaga nisbatan radius-vektori $\vec{r}_B$ A qutb radius-vektori $\vec{r}_A$ bilan quyidagicha bog'lanadi.

$$\overline{r_B} = \overline{r_A} + \overline{AB} \quad (5)$$

(5) dan vaqt bo'yicha hosila olib, B nuqtaning tezligini aniqlaymiz.

$$\vec{v}_B = \frac{d\,r_B}{dt} = \frac{d\,r_A}{dt} + \frac{d\,AB}{dt} \qquad (6)$$

Bunda, $\frac{d\,r_A}{dt} = \vec{v}_A$ qutb deb olingan nuqtaning tezligini ifodalaydi.

Tekis shakl harkatlanganda AB vektor moduli o'zgarmaydi. Yo'nalishi esa, jism qutb atrofida aylanishi o'zgaradi. SHu sababli $\frac{d\,\overline{AB}}{dt}$ hosila B nuqtaning A nuqta atrofida aylangandagi chiziqli tezligini ifodalaydi: uni $\vec{v}_{BA}$ bilan belgilaymiz, ya'ni $\frac{d\,\overline{AB}}{dt} = \vec{v}_{BA}$ Eyler formulasiga ko'ra $\vec{v}_{AB}$ ni tekis shaklning burchak tezligi $\vec{\omega}$ va radius vektor AB larning vektori ko'paytmasi orqali ifodalaymiz:

$$\vec{v}_{BA} = \vec{\omega} \times \overline{AB}$$

Bunda υ_{B_4} aylanish radiusi AB perpendikulyar ravishda, tekis shaklning aylanish yo'nalishi bo'yicha yo'naladi va uning moduli

$$|\vec{v}_{BA}| = |\vec{\omega}| \cdot |AB| \qquad (7)$$

bo'ladi.

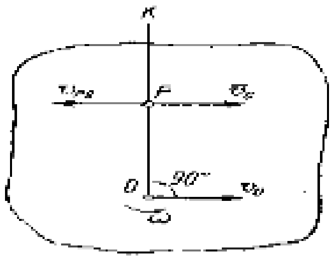
U holda (6) ni quyidagicha yozish mumkin.

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA} \ (6) \quad \text{yoki,} \quad \vec{v}_B = \vec{v}_A = \vec{\omega} \times AB \qquad (8)$$

Teorema isbotlandi.

Tekis shakl biror nuqtasining tezligi va aylanma harakatining burchak tezligini (7) formulaga muvofiq aniqlash uni qutb usulida aniqlash deyiladi.

Berilgan onda tezligi nolga teng bo'lgan tekis shakl nuqtasi tezliklarining oniy markazi yoki qisqacha oniy markaz deyiladi.



24-рисм

Tekis shaklning tezligi nolga teng bo'lgan birgina nuqtasi har onda mavjud ekanligini isbotlaymiz. Tekis shakl biror O nuqtasining tezligi $\vec{v}_0$ va shu nuqta atrofidagi aylana harakatining burchagi tezligi ω berilgan bo'lsin (24-rasm). O nuqtani qutb deb olamiz.

Qutbdan aylanma harakat yo'nalishida $\vec{v}_0$ perpendikulyar OK chiziqni o'tkazamiz. OK chiziqda $OP = \frac{v_0}{\omega}$ tenglikka mos keluvchi P nuqtani olib, (4) formulaga ko'ra uning tezligini aniqlaymiz:

$$\vec{v}_P = \vec{v}_0 + \vec{v}_{PO}$$

(3) ga asosan $v_{PO} = \omega \cdot OP$ yoki $OP = \frac{v_0}{\omega}$ bo'lgani uchun $v_{PO} = \omega \cdot \frac{v_0}{\omega} = v_0$ hamda P nuqta v_{PO} vektor v_0 ga qarama-qarshi yo'naladi, ya'ni u holda (7) tenglikdan $\vec{v}_P = 0$ bo'lishi kelib chikadi. Binobarin P nuqta tekis shaklning tezliklari oniy markazi bo'ladi.

Berilgan onda tekis shaklning oniy markazi P ni qutb deb olib, (4) formulaga muvofik tekis shakl A, B, C nuqtalarning tezliklarini topamiz.

$$\vec{v}_A = \vec{v}_P + \vec{v}_{AP}, \quad \vec{v}_B = \vec{v}_P + \vec{v}_{BP}, \quad \vec{v}_C = \vec{v}_P + \vec{v}_{CP}$$

Bu yerda $\vec{v}_P = 0$ bo'lgani uchun quyidagicha yoza olamiz:

$$\vec{v}_A = \vec{v}_{AP}, \quad \vec{v}_B = \vec{v}_{BP}, \quad \vec{v}_C = \vec{v}_{CP}$$

hamda

$$\vec{v}_A = \omega PA, \quad \vec{v}_B = \omega PB, \quad \vec{v}_C = \omega PC$$

$$\vec{v}_A \perp PA, \quad \vec{v}_B \perp PB, \quad \vec{v}_C \perp PC \qquad (9)$$

Demak, biror onda oniy markazi ma'lum bo'lgan tekis shakl nuqtalarining shu ondagi tezliklarini oniy markaz atrofida xuddi aylanma harakatdagi jism nuqtalarining tezliklari kabi topish mumkin. Tekis shakl ixtiyoriy nuqtasining tezligi uning oniy markaz atrofida aylanishidagi burchak tezligi bilan mazkur nuqtadan oniy markazgacha bo'lgan kesma uzunligiga ko'paytmasiga teng bo'ladi va aylanish yo'nalishi bo'yicha shu kesmaga perpendikulyar ravishda yo'naladi. (9) dan tekis shakl nuqtalarining ayni paytdagi tezliklari orasidagi munosabatni aniqlaymiz:

$$\frac{v_A}{PA} = \frac{v_B}{PB} = \frac{v_C}{PC} \qquad (10)$$

ya'ni tekis shakl nuqtalarining har ondagi tezliklari moduli oniy markazdan mazkur nuqtalargacha bo'lgan masofalarga mutanosib bo'ladi.

Xulosa: Texnikada ko'pincha tekis shakl biror qo'zg'almas chiziq ustida sirpanmasdan harakatlanadigan hollar uchraydi. To'g'ri chiziqli relьs ustida sirpanmasdan dumayotgan g'ildirak bunga misol bo'la oladi. Bu holda tekis shaklning qo'zg'almas chiziqqa tegib turgan nuqtasining tezligi nolga teng bo'lgani uchun oniy markaz shu urunish nuqtasida yotadi .

Nazorat savollari:

1. Tekis shaklning xarakat tenglamasini keltiring.
2. Tekis shakl nuqtasining tezligini qutb usulida aniqlash teoremasini ayting.
3. Tezliklarning oniy markazi deb nimaga aytiladi.
4. Tekis shakl nuqtalarining tezliklari oniy markazdan qanday topiladi.

MAVZU: SFERIK HARAKATDAGI ONIY BURCHAK TEZLIGI VA ONIY BURCHAK TEZLANISHINI. QATTIQ JISMNING QO’Z/ALMAS NUQTA ATROFIDA AYLANMA XARAKATI.

REJA:

1. Qo’zg’almas nuqta atrofida aylanuvchi jism nuqtasining tezlanishi.
2. Aylanma tezlanish.
3. O’qqa intilma tezlanish.
4. Xulosa.

Qo’zg’almas nuqta atrofida harakatlanayotgan jism nuqtasining tezlanishi uning tezlik vektorini ifodalovchi (.3) dan vaqt bo’yicha olingan xosilaga teng:

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt}(\vec{\omega}\times\vec{r}) = \frac{d\vec{\omega}}{dt}\times\vec{r} + \vec{\omega}\times\frac{d\vec{r}}{dt} \qquad (1)$$

bunda $\frac{d\vec{\omega}}{dt} = \vec{r}$ jismning oniy burchak tezlanish; $\frac{d\vec{r}}{dt} = \bar{\upsilon} = \vec{\omega}\times\vec{r} - M$ nuqtaning tezligi. Bu ifodalarga ko’ra

$$\vec{\omega} = \vec{\varepsilon}\times\vec{r} + \vec{\omega}\times\vec{v} \qquad (2)$$

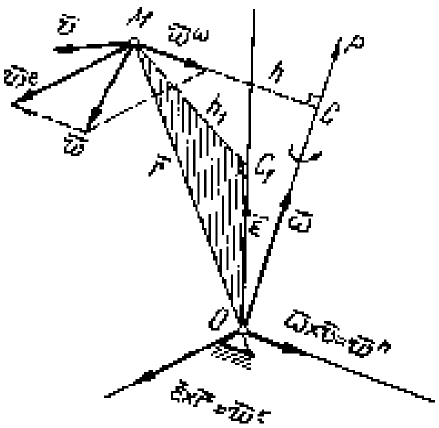
(2)dagi

$$\vec{\omega}^{\varepsilon} = \vec{\varepsilon}\times\vec{r} \qquad (3)$$

aylanma tezlanish

$$\vec{\omega}^{\omega} = \vec{\omega}\times\vec{v} \qquad (4)$$

o’qqa intilma tezlanish deyiladi.



25-расм

$\vec{\omega}^{\varepsilon}$ vektor $\vec{\varepsilon}$ va M nuqta yotgan tekislikka perpendikulyar ravishda yo’naladi (25-rasm) va son qiymati quyidagicha bo’ladi:

$$\omega^{\varepsilon} = \varepsilon\cdot r\cdot\sin\left(\bar{\varepsilon},\bar{r}\right)$$

M nuqtadan $\bar{\varepsilon}$ vektor yo’nalgan OE o’qqa tushirilgan perpendikulyar MS_1 kesmani h_1 bilan belgilasak, $r\cdot\sin(\vec{\varepsilon}\,\hat{}\,\vec{r}) = h_1$ bo’ladi. SHuning uchun

$$\vec{\omega}^{\varepsilon} = \vec{\varepsilon}\times h_1 \qquad (5)$$

$\vec{\omega}^{\varepsilon}$ vektor $\vec{\varepsilon}$ bilan M yotgan tekislikka perpendikulyar ravishda (MC) chiziq bo’ylab yo’naladi va son qiymati.

$$\omega^{\omega} = (\vec{\omega}\times\vec{v}) = \omega\cdot v\cdot\sin(\vec{\omega}\,\hat{}\,\vec{v}) = \omega^2 h \qquad (6)$$

formuladan aniqlanadi. (6) da $h - M$ nuqtada oniy aylanish o’qigacha bo’lgan masofa.

SHunday qilib, (3)va (4) larga ko’ra (2) ifoda.

$$\vec{\omega} = \overline{\omega}^{\varepsilon} + \overline{\omega}^{\omega} \qquad (7)$$

ko’rinishda yoziladi. (7) formula quyidagi Rivalьs teoremasini ifodalaydi.

Teorema. Qo'zg'almas nuqta atrofida aylanayotgan jism nuqtasining tezlanishi aylanma tezlanish bilan o'qqa intilma tezlanishlarning geometrik yig'indisiga teng.

Tezlanish moduli parallelogramm qoidasiga muvofiq topiladi:

$$\omega = \sqrt{(\omega^{\varepsilon})^2 + (\omega^{\omega})^2 + 2\omega^{\varepsilon} \cdot \cos(\omega^{\varepsilon} \widehat{\ } \omega^{\omega})} \qquad (8)$$

Xulosa: ω^{ε} va ω^{ω} larga doir (3) va (4) ifodalar tashqi ko'rinishidan ω_{τ} urinma va ω_n normal tezlanishlarga o'xshasa ham, aslida ulardan farq qiladi. CHunki qurilayotgan holda $\vec{\omega}$ bilan $\vec{\varepsilon}$ bir chiziq bo'ylab yo'nalmaydi. SHuning uchun $h_1 + h$ natijada ω^{ε} tezlanish bilan $\vec{v}$ tezlik bir chiziq bo'ylab yo'nalmaydi.

Nazorat savollari:

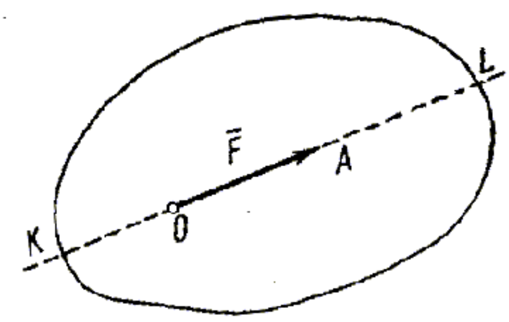
1. Qo'zg'almas nuqta atrofida aylanuvchi jism nuqtasining aylanma tezlanish formulasini keltiring.
2. O'qqa intilma tezlanish nimaga aytiladi.
3. Rivalьs teoremasining ifodalang.

MAVZU: ERKIN QATTIQ JISMNING HARAKATINI ILGARILANMA VA AYLANMA HARAKATLARGA AJRATISH. STATIKA ASOSLARI

REJA:

1. Statikaning asosiy tushunchalari
2. Statika aksiomalari.
3. Xulosa.

Statistikaning asosiy tushunchalaridan biri kuchdir. Mexanikada ikki yoki undan ortiq jismlar o'zaro ta'siriing o'lchovini belgilovchi kattalik kuch deyiladi. Kuchning jismlarga ta'siri kuchning yo'nalishi, miqdori va quyilish nuqtasi bilan aniqlanadi. Tinch xolatda turgan erkin jism kuch ta'siridsa olgan xarakatinig yo'nalishini belgilaydi. Kuchning miqdorini aniqlashda uni kuch birligi uchun qabul qilingan biror kattalik bilan taqqoslanadi. Kuch jismnig qaysi nuqtasiga ta'sir etsa, shu nuqta kuchnig quyilish nuqtasi bo'ladi.



1-рacм

SHunday qilib, kuch vektor kattalik bo'lib, uning uzunligi chizma ma'lum masshtabda kuchnig miqdorini, strelkaning yo'nalishini ifodalaydi va $\vec{F} = \overline{AB}$ vektor orqali tasvirlanadi. Kuch vektori bo'yicha o'tkazilgan to'g'ri chiziq (CD) kuchning ta'siri chizig'i deyiladi. (1-rasm). Kuch, odatda, lotin alifbosidagi bosh xarflar bilan belgilanadi.

Jismga bir necha $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots \vec{F}_n$ kuchlar ta’sir etsa, bu kuchlar to’plami sistemasi deyiladi va $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots \vec{F}_n)$ tarzida belgilanadi.

$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots \vec{F}_n)$ va $(\vec{Q}_1, \vec{Q}_2, \dots \vec{Q}_n)$ kuchlar sistemalarining xar biri jismga bir xil ta’sir ko’rsatsa, ular o’zaro ekvivalentligini kuyidagicha ko’rinishda yozamiz:

$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots \vec{F}_n)$ va $(\vec{Q}_1, \vec{Q}_2, \dots \vec{Q}_n)$ (1)

Agar kuchlar sistemasi bitta kuchga ekvivalent bo’lsa,bu kuch berilgan kuchlar sistemasining teng ta’sir etuvchisi deyiladi. Masalan, $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots \vec{F}_n)$ R bo’lsa $\vec{R}$ -teng ta’sir etuvchi $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots \vec{F}_n$ esa teng ta’sir etuvchining tashkil etuvchilaridir.

Biror kuchlar sistemasi ta’sirida jism tinch xolatda tursa, yoki uning barcha nuqtalari o’zgarmas va bir xil tezlik bilan xarakatlansa, bunday kuchlar sistemasi muvozanatlashga yoki nolga ekvivalent kuchlar sistemasi deyiladi, hamda kuyidagi ko’rinishda yoziladi:

$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots \vec{F}_n) \infty\ 0$ (2)

Muvozanatlashgan kuchlar sistemasini tashkil etuvchi kuchlardan biri qolgan tashkil etuvchilarning muvozanatlovchi kuch bo’ladi.

Bir necha jismdan tashkil topgan sistemaga ta’sir etuvchi kuchlarni ichki va tashqi kuchlarga ajratish mumkin. Sistemaga ta’sir etuvchi kuchlar shu sistemaga tarkibiga kirmaydigan.jismlar orqali qo’yilgan bo’lsa, ular tashqi kuchlar deyiladi.

Statikada asosan ikki xil masala xal qilinadi. Kuchlar sistemasini sodda holga keltirish statikaning birinchi asosiy masalasidan iborat. Jismning kuchlar sistemasi ta’siridagi muvozanat shartalarini aniqlash esa statikaning ikkinchi asosiy masalasidir.

Statika bir necha aksiomalarga asoslangan.

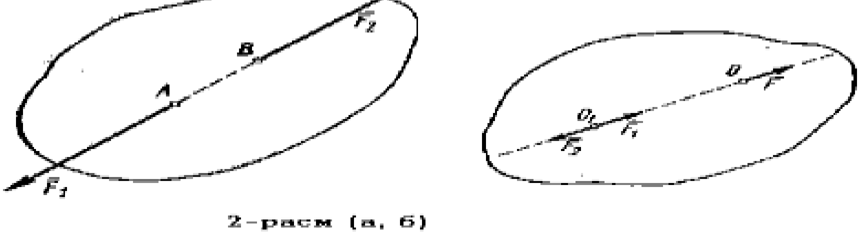
1-aksioma (ikki kuchning muvozanati haqidagi aksioma): jism ikki kuch ta’sirida muvozanatda bo’lishi uchun bu kuchlar miqdor jixatdan teng, bir to’g’ri chiziq bo’ylab qarama-qarshi yo’nalgan bo’lishi zarur va yetarildir. (2-rasm a)

2-aksioma (muvozanatlashuvchi kuchlarni qushish va ayirish haqidagi aksioma): jismga qo’yilgan kuchlar sistemasiga muvozanatlashgan kuchlar sistemasini qo’shish yoki undan ayirish bilan xosil qilingan sistema berilgan kuchlar sistemasiga ekvivalent bo’ladi.

Masalan, $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots \vec{F}_n)$ -berilgan kuchlar sistemasi, $(\vec{Q}_1, \vec{Q}_2, \dots \vec{Q}_n)$ sistema esa muvozanatlashgan kuchlar sistemasi bo’lsin. U xolda $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots \vec{F}_n)$

$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots \vec{F}_n, \vec{Q}_1, \vec{Q}_2, \dots \vec{Q}_n)$

(2-rasm a,b)



2-расм (а, б)

Birinchi va ikkinchi aksiomadan quyidagi natija kelib chiqida:

1-natija. Kuchning miqdor va yo'nalishini o'zgartirmay o'zining ta'sir chizig'i bo'ylab jismning boshqa nuqtasiga ko'chirish bilan kuchning jismga ta'siri o'zgarmaydi.

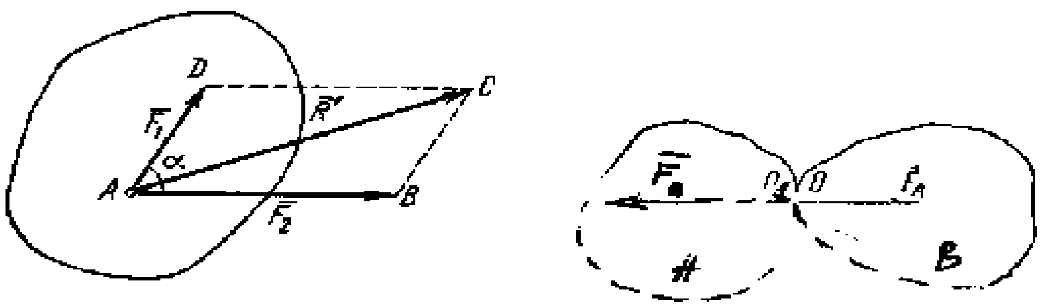
Isbot. Jismning biror A nuqtasiga $\vec{F}$ kuch qo'yilgan bo'lsin(2-rasm b). Jismda olingan va $\vec{F}$ kuchning ta'sir chizig'ida yotuvchi B nuqtaga shunday $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ muvozanatlashgan kuchlar sistemasini qo'yamizki, bu sistemani tashkil qiluvchi va $\vec{F}_2$ kuchlarning miqdori $\vec{F}$ kuchning miqdoriga teng, ta'sir chiziqlari esa $\vec{F}$ kuchning ta'sir chizig'i bilan umumiy bo'lsin. U xolda 2-aksiomaga asosan:
$\vec{F}$ - $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \ldots \vec{F}_n)$

Birinchi aksiomaga ko'ra $\vec{F}_1$ va $\vec{F}_2$ kuchlar muvozanatlashgan kuchlar sistemasini tashkil qiladi. Ularni tashlab yuboramiz. Natijada jismga ta'sir etuvchi bitta, $\vec{F}$ kuchga ekvivalent bo'lgan va B nuqtaga qo'yilgan $\vec{F}_1$ kuch qoladi. Natija isbotlandi.

3-aksioma (kuchlar parallelogrami haqidagi aksioma): jismning biror nuqtasiga qo'yilgan va bir to'qri chiziqda yotmaydigan ikki kuchning teng ta'sir etuvchisi, miqdor va yo'nalish jixatdan shu kuchlarga kurilgan parallelogrammning kuchlar qo'yilgan nuqtadan o'tuvchi diogonali bilan ifodalanadi. (3-rasm a)
Elementar fizika kursidan ma'lum bo'lgan bu qoida quyidagi geometrik tenglik bilan ifoda etiladi: $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ (1) $\vec{F}_1$ va $\vec{F}_2$ kuchlar yo'nalishlari orasidagi burchakni α bilan belgilasak,teng ta'sir etuvchining modulini kosinuslar teoremasiga asosan, topishimiz mumkin:

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1^2 F_2^2 \cos\alpha} \qquad (2)$$

4-aksioma. (ta'sir va aks ta'sir xaqidagi aksioma: xar qanday ta'sirga unga teng va bir to'g'ri chiziq bo'ylab qarama-qarshi tomonga yo'nalgan aks ta'sir mos keladi. Bu yerda shuni ta'kidlab o'tish kerakki, umuman olganda, ta'sir va aks ta'sirini belgilovchi kuchlar boshqa-boshqa jismlarga qo'yilgani bo'lgani uchun ular muvozanatlashga kuchlar sistemasini tashkil qilmaydi.



3-расм (а,б)

2-natija. Muvozanatdagi jismnig ixtiyoriy ikki nuqtasi bir-biriga o'zaro teng va qarama-qarshi yo'nalgan ikki kuch bilan ta'sir qilib, bu kuchlar muvozanatlashgan sistemani tashkil kiladi. Xaqiqatdan, 4-aksiomaga asosan jism ixtiyoriy ikki nuqtasi orasidagi ta’sir kuchlar o’zaro teng bo’lib, qarama-qarshi yo’nalgan bo’ladi. 1-aksiomaga asosan esa, jism muvozanatda bo’lgani uchun bu kuchlar muvozanatlashga bo’ladi.

3-natija. Jismning muvozanati fakat tashki kuchlar bilangina belgilanadi. Xaqiqatdan, muvozanati tekshirayotgan jism nuqtalari orasidagi o’zaro ta’sir kuchlar ichki kuchlar 2-natijaga asosan muvozanatlashuvchi kuchlar sistemasi tashkil kiladi. 2-aksiomaga asosanbu sistemani tushirib qoldirish mumkin. U xolda jisimga ta’sir kiluvchi tashki kuchlargina koladi.

4-natija. Bir tekislikda yotuvchi parallel bo’lmagan uchta kuch o’zaro muvozanatlashsa, ularning ta’siri chiziqlar bir nuqtada kesishadi.

Isbot. A_1, A_2, A_3 nuqtalarga kuyilgan $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ kuchlar bir tekislikda joylashib, ularing ta’sir chiziqlari o’zaro parallel bo’lmasin. (3-rasm a,b) va $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3)$ 0 (3) shart bajarilsin. Bu uchta kuchning ta’sir chiziqlari bitta nuqtada kesishishini isbotlaymiz. $\vec{F}_1$ va $\vec{F}_2$ kuchlar bir tekislikdagi parallel bo’lmagan kuchlar bo’lganidan, ularning ta’sir chiziqlarini davom ettirsak, albatta biror nuqtada kesishadi: bu kesishish nuqtasi O bo’lsin. 1-natijaga binoan $\vec{F}_1$ va $\vec{F}_2$ kuchlarni A_1 va A_2 nuqtalardan 0 nuqtaga ko’chirib, kuchlar parallelogrami aksiomasiga ko’ra ko’shsak, $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ $\vec{R}_{1,2}$ xosil bo’ladi. U xolda (3) ifoda

$(\vec{R}_{1,2}, \vec{R}_3)$ 0

ko’rinishni oladi. Bunda $\vec{R}_{1,2}$ kuch 0 nuqtaga qo’yilgani uchun 1- aksiomaga ko’ra $\vec{F}_3$ kuchning ta’sir chizig’i ham albatta O nuqtadan o’tishi shart. Demak, berilgan uchta kuchning ta’sir chiziqlari bitta O nuqtada kesishadi. Bu 4-natija uch kuchning muvozanati haqidagi teorema deb ataladi.

Nazorat savollari:

1. Kuch deb nimaga aytiladi.
2. Kuchning ta’sir chizig’i deb nimaga aytiladi.
3. Statika aksiomalarini chizma va formulasi asosida ifodalang.

MAVZU: DINAMIKA. DINAMIKANING ASOSIY TUSHUNCHALARI VA QONUNLARI. BOG’LANISH VA BOG’LANISH REAKSIYASI

Reja:

1. Bog’lanish reaktsiya kuchi.
2. Bog’lanishdan bo’shatish aksiomasi.
3. Xulosa.

Jismning harakati yoki holati biror sabab bilan cheklangan bo’lsa, u bog’lanishdagi jism deyiladi. Jismning harakati yoi holatini cheklovchi sabab esa bog’lanish deyiladi. Masalan, relьslarda turgan vagonning vertikal yo’nalishdagi harakati cheklangan. Bunda relьslar vagon uchun bog’lanish vazifasini o’taydi. Vagon esa bog’lanishdagi jismdir.

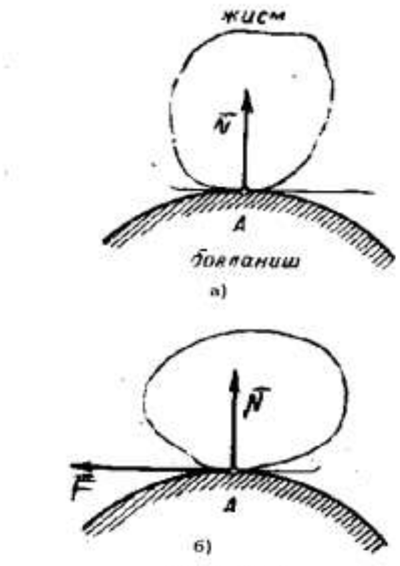
Bog’lanishning jismga ko’rsatadigan ta’sirini belgilovchi kuch bog’lanish reaktsiya kuchi deyiladi.

Nazariy mexanikada bog’lanishdagi jismning harakatini yoki muvozanatini erkin jismning harakati yoki muvozanatiga keltirib tekshiriladi. Bu hol qo’yidagi aksioma bilan ifodalanadi.

1-aksioma. Bog’lanishdagi jismning erkin jism shakliga keltirish uchun jism ta’sir etuvchi kuchlar qatoriga bog’lanish reaktsiya kuchini ham qo’shish kerak.

Bu aksioma jismning bog’lanishdan bo’shatish aksiomasi deyiladi. Bog’lanishdagi jismlarning harakati qaysi tomondan cheklangan bo’lsa, reaktsiya kuchi yo’nalishga teskari yo’nalgan bo’ladi.

Bog’lanishdagi jismlarning bog’lanish reaktsiya kuchlarini aniqlash statikaning asosiy masalalaridan hisoblanadi. Umumiy holda masalani yechmasdan turib, bog’lanish reaktsiya kuchining miqdori va yo’nalishini aniqlab bo’lmaydi. Lekin ayrim hollarda berilgan masalani yechmasdan turib reaktsiya kuchlarining yo’nalishini aniqlash mumkin. Bunday bog’lanishlarni quyidagi uch gruppaga ajratish mumkin:



4-расм (а,б)

Jism qo’zg’almas silliq sirtga A nuqtada tayanadi. Bu holda sirtning reaktsiya kuchi $\bar{N}$ jismning A nuqtasiga qo’yilgan bo’lib, shu nuqtada sirtga o’tkazilgan normalь bo’ylab yo’nalgan bo’ladi (4-rasm,a). Bu kuch normal reaktsiya kuchi deyiladi. Agar jism va sirt silliq bo’lmasa, A nuqtada normal reaktsiya kuchidan tashqarii, urinma reaktsiya kuchi $\bar{F}$ ham paydo bo’ladi (4-rasm,b). Bu $\bar{F}$ kuch ishqalanish kuchi deb ataladi.

2. Jismlar cho’zilmaydigan ip, zanjir, qayish yoki sterjenlar bo’ylab yo’nalgan bo’ladi (3-10-rasm). Iplarda hosil bo’ladigan reaktsiya kuchlari odatda $\overline{T}$, $\overline{T_1}$, $\overline{T_2}$ bilan belgilanadi va taranglik kuchi deyiladi.

Nazorat savollari:

1. Bog’lanishdagi jism deb nimaga aytiladi?
2. Bog’lanish reaktsiya kuchi deb nimaga aytiladi.
3. Normal reaktsiya kuchi deb nimaga aytiladi.
4. Ishqalanish kuchi deb nimaga aytiladi.
5. Taranglik kuchi deb nimaga aytiladi.

NAZARIY MEXANIKA
FANIDAN
AMALIY MASHG'ULOTLAR

1-amaliy mashg'ulot

MAVZU: TEKISLIKDAGI KUCHLAR SISTEMASI. DINAMIKA ASOSIY TEOREMALARINI MODDIY NUQTANING HARAKATINI TEKSHIRISHGA TADBIQ ETISH

Reja

1. Harakat miqdori va kinetik energiya .
2. Kuch impulsi. Kuchning bajargan ishi.
3. Dalamber prinsipi.
4. Moddiy nuqta harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema .
5. Moddiy nuqta kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teorema.

Moddiy nuqta kinetik energiyasi

Moddiy nuqta kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teorema Nazariy mexanika fanida moddiy nuqta harakatining dinamik xususiyatlaridan biri sifatida uning kinetik energiyasi olinadi.

Ta`rif: Nuqta massasining uning tezligi kvadratiga ko'paytmasining yarmiga teng bo'lgan $\frac{mv^2}{2}$ skalyar kattalik nuqtaning kinetik energiyasi deyiladi.

$T = \frac{mv^2}{2}$ Xalqaro SI birliklar sistemasida $\left[\frac{kg\,m^2}{s^2}\right]$ yoki $[N \cdot m]$ da o'lchanadi.

Teorema. Moddiy nuqta kinetik energiyasining nuqtaning biror chekli ko'chishdagi o'zgarishi unga ta'sir etuvchi kuchlarning shu ko'chishdagi bajargan ishlarining algebraik yig'indisiga teng

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \sum A_i$$

Agar M nuqta potensiali kuch maydonida harakatlansa uning kinetik energiyasi

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \Pi_0 - \Pi$$ P – potensial energiya.

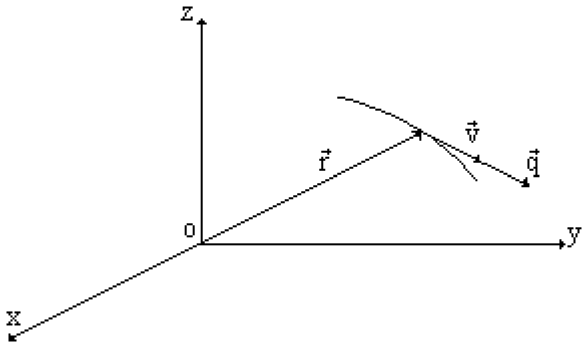
$$\frac{mv^2}{2} + \Pi = \frac{mv_0^2}{2} + \Pi_0 = h$$

Nuqta kinetik va potensial energiyalarining yig'indisi to'liq mexanik energiyani ifodalaydi.

$E = \frac{mv^2}{2} + \Pi = h$ Bu tenglik energiyaning saqlanish qonunini ifodalaydi.

Moddiy nuqta yoki sistemaning harakatining o`lchovlaridan biri **harakat miqdoridir.**

**Ta`rif:** Moddiy nuqta massasining tezligining ko`paytmasiga xarakat miqdori deyiladi va uning yo`nalishi tezlik vektori bo`yicha yo`naladi.



$$\vec{q} = m\vec{v}$$

Teorema: Moddiy nuqta xarakat miqdorining biror chekli vaqt oralig`idagi o`zgarishi unga ta`sir etuvchi kuchning shu vaqt ichidagi impulsiga teng.

$$m\vec{v} - m\vec{v}_0 = \vec{S}$$

Bu yerda $\vec{S} = \int_0^t \vec{F}dt$ kuch impulsi

Masalalar yechish va formulalarning koordinada o`qlaridagi proeksiyalari olinadi.

$$m\vec{v}_x - m\vec{v}_{0x} = \vec{S}_x$$

$$m\vec{v}_y - m\vec{v}_{0y} = \vec{S}_y$$

$$m\vec{v}_z - m\vec{v}_{0z} = \vec{S}_z$$

$$\vec{S}_x = \int_0^t Xdt \qquad \vec{S}_y = \int_0^t Ydt \qquad \vec{S}_z = \int_0^t Zdt \quad (5)$$

Demak, chekli vaqt ichida nuqta harakat miqdorining biror koordinata o'qi bo'yicha o'zgarishi nuqtaga ta'sir etuvchi kuchning shu vaqt oralig'idagi impulsining mazkur o'qdagi proeksiyasiga teng.

Agar nuqtaga ta'sir etuvchi kuch $\vec{F} = 0$ bo'lsa , $\vec{S} = 0$ bo'ladi. Natijada

$$m\vec{v} = m\vec{v}_0 \quad \text{yoki} \quad m\vec{v} = const \quad (6)$$

Bu moddiy nuqta harakat miqdorining saqlanish qonunini ifodalaydi.

Mavzuga doir masalalar yechish.

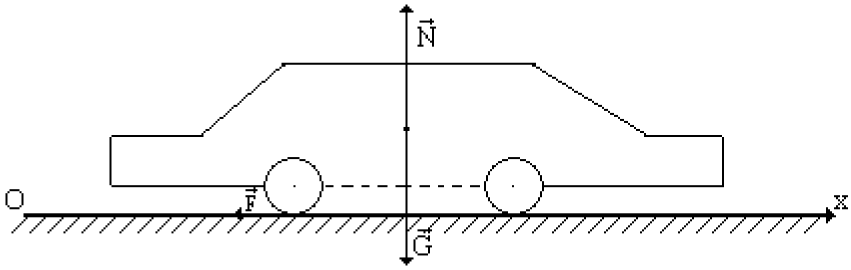
1-MASALA.

20 $м/с$ tezlik bilan boruvchi avtomobil tormoz berilgandan keyin 6 c da to'xtagan bo'lsa, avtomobil g'ildiragining yo'lga ishqalanish koeffisienti f qancha bo'lishi kerak ?

Berilgan: $v_0 = 20 \ м/с \quad t = 6 \ с$

Topish kerak: f =?

Yechish:



Moddiy nuqta harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teoremani ox o'qidagi proeksiyasidan foydalanamiz.

$$mv_x - mv_{0x} = S_x$$

$$mv_x - mv_{0x} = -Ft\,, \quad F = f \cdot N = f \cdot G = fmg$$

Oxirgi tezlik $v_x = 0$, chunki avtomobil to'xtaydi.

$$-mv_{0x} = -fmgt$$

$$mv_{0x} = fmgt \qquad f = \frac{v_{ox}}{gt} = \frac{20}{9.8 \cdot 6} = 0{,}34$$

Javob : $f = 0{,}34$

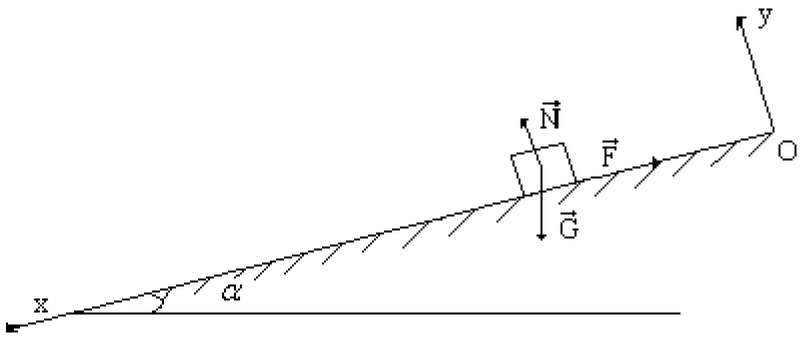
Mavzuga doir masalalar yechish.

Masala. Gorizont bilan 30^0 burchak hosil qilgan qiya tekislikda og'ir jism boshlang'ich tezliksiz pastga tushmoqda. Ishqalanish koeffisienti 0,1 ga teng. Harakat boshlangandan keyin jism L=2 m yo'l o'tgach, qanday tezlikka ega bo'ladi ?

Berilgan: $\alpha = 30^0$, $f = 0{,}1$, $v_0 = 0$, $l = 2 \ м$

Topish kerak: v=?

Yechish:



Moddiy nuqta kinetik energiyasining o’zgarishi haqidagi teoremadan foydalanamiz.

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \sum A_i$$

$v_0 = 0$ bo’lgani uchun: $\frac{mv^2}{2} = G \cdot \sin\alpha \cdot l - F \cdot l$, $F = f \cdot N = FG\cos\alpha = fmg\cos\alpha$

$$\frac{mv^2}{2} = mgl\sin\alpha - fmgl\cos\alpha$$

$$\frac{mv^2}{2} = mgl(\sin\alpha - f\cos\alpha)$$

$$v^2 = 2gl(\sin\alpha - f\cos\alpha)$$

$$v = \sqrt{2gl(\sin\alpha - f\cos\alpha)} = \sqrt{2 \cdot 9.8 \cdot 2(0.5 - 0.1 \cdot 0.866)} = 4.02 \ м/с$$

Javob : v=4.02 $м/с$

Moddiy nuqta uchun Dalamber prinsipi

Moddiy nuqtaga ta’sir etuvchi aktiv kuchlar, bog’lanish reaksiya kuchlari har onda inersiya kuchi bilan muvozanatlashadi.

$$\vec{F} + \vec{R} + \vec{F}^{in} = 0 \qquad (1)$$

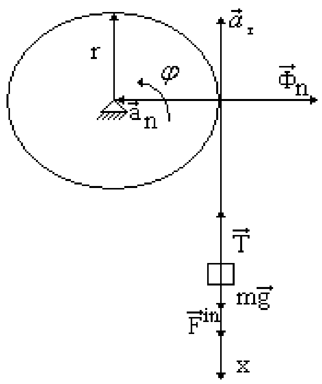
Moddiy nuqtaga ta’sir etuvchi aktiv kuchlar, bog’lanish reaksiya kuchlari va inersiya kuchlarining geometrik yig’indisi nolga teng bo’lsa moddiy nuqta muvozanatda turadi. Bu moddiy nuqta uchun Dalamber prinsipidir. (1) formulada $\vec{F}$ aktiv kuchlar , ya’ni moddiy nuqta ta’sir etuvchi tashqi kuchlar , $\vec{R}$ - bog’lanish reaksiya kuchlari , $\vec{F}^{in}$ - inersiya kuchi , $\vec{F}^{in} = -m\vec{a}$ inersiya kuchining miqdori massa bilan tezlanishni ko’paytmasiga teng bo’lib, yo’nalishi tezlanishga qarama-qarshi tomonga yo’nalgan bo’ladi. Aslida inersiya kuchi moddiy nuqtaga qo’yilgan bo’lmaydi. Shu sababli Dalamber prinsipida kiritiladigan muvozanat tushunchasi shartli tushunchadir. Dalamber prinsipida nuqtaga har onda inersiya kuchi qo’yilgan deb qarashdan maqsad, dinamikaning asosiy qonunini formal ravishda statikaning muvozanat tenglamasiga o’xshash tenglamalarga keltirib, dinamika masalalariga statikaning muvozanat shartlarini qo'llashdan iborat. Shuning uchun bu usul kinetostatika usuli deyiladi.

Mavzuga doir masalalar yechish.

Berilgan: $m = 60 \;\; kg$

$r = 0{,}4 \;\; м$

$\varphi = 0{,}6t^2$



Topish kerak: T-?

Yechish:

$$F + mg - T = 0 \quad T = F + mg = ma + mg = m(a + g)$$

$$a_\varepsilon = \varepsilon \cdot r = \ddot{\varphi} \cdot r = 1{,}2 \cdot 0{,}4 = 0{,}48 \;\; м/c^2$$

$$a_n = \frac{v^2}{r} = \frac{w^2 \cdot r^2}{r} = w^2 r$$

$$T = 60(0{,}48 + 9{,}8) = 60 \cdot 10{,}28 = 617 \quad N$$

2-amaliy mashg'ulot

MAVZU: BIR TO'G'RI CHIZIQ BO'YLAB TA'SIR QILUVCHI KUCHLAR. KUCHNING ELEMENTAR BAJARGAN ISHI

Elementar ish deb, kuch vektorini moddiy nuqtaning elementar ko'chish vektoriga skalyar ko'paytmasiga aytiladi, ya`ni

$$dA = \bar{F} \cdot d\bar{r} \qquad (3.101)$$

bu yerda $d\ A$– elementar ish, $\bar{F}$ - kuch vektori, $d\bar{r}$ - moddiy nuqtaning elementar ko'chish vektori.

Ish skalyar qiymat, ya`ni uning yo'nalishi va qo'yilgan nuqtasi bo'lmaydi, uning faqat katta yoki kichikligi, musbat-manfiyligi (moduli) bilan farqlanadi.

(3.101) formuladagi elementar ishning moduli, ya`ni (son qiymati) quyidagicha aniqlanadi

$$dA = F \cdot dr \cdot Cos\alpha \qquad (3.102)$$

bu yerda $\alpha -$kuch vektori bilan elementar ko'chish vektori orasidagi bo'rchak.

Shunga ko'ra $\alpha = 0$ bo'lsa, ish maksimum bo'ladi, $\alpha = \pi\ F2$ bo'lsa, ish nolga teng bo'ladi, agar $\alpha = \pi$ bo'lsa ish manfiy bo'ladi. Moddiy nuqtaning elementar ko'chish vektori $d\vec{r} = \vec{i} \cdot dx + \vec{j} \cdot dy + \vec{k} \cdot dz$ va shu nuqtaga ta`sir etuvchi kuch vektori $\vec{F} = \vec{i} \cdot F_x + \vec{j} \cdot F_y + \vec{k} \cdot F_z$ bo'lgani uchun, shu nuqtaning ana shu kuch vektori ta`sirida ko'chishda bajargan elementar ishi $dA = \vec{F} \cdot d\vec{r}$, yoki $dA = F_k\ d\,x + F_y\,d\,y + F_z\ d\,z$ ga teng bo'lgan skalyar qiymatdir.

3-amaliy mashg'ulot

Mavzu: Ta'sir chiziqlari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar. Kuchning tugal ko'chishdagi to'liq bajarilgan ishni hisoblash.

Moddiy nuqtaning malum tugal ko'chishdagi, ya`ni traektoriya bo'ylab $M_0$ holatdan $M_1$ holatga ko'chishdagi harakatida, unga ta`sir etuvchi *kuchlarning bajargan ishlari*ning yig'indisi quyidagicha aniqlanadi,

$$A = \int_{M_0}^{M_1} (F_x dx + F_y dy + F_z dz) \qquad (3.103)$$

yoki

$$\mathrm{A} = \int_{\mathrm{M}_0}^{\mathrm{M}_1} \mathrm{F}_\tau \cdot \mathrm{ds} \qquad (3.103\ a)$$

ga teng bo'ladi. Ishning o'lchov birligi qilib halqaro $C\ И$ sistemasida Djoul qabul qilingan $(1Дж. = 1Н\ м)$. Yuqoridagi formulalar orqali moddiy nuqtaga ta`sir etuvchi kuchlar o'zgarmas yoki nuqtaning koordinatalariga bog'liq bo'lgandagina ularni integrallab, ularning bajargan ishlarini topishimiz mumkin.

Agar kuchlar o'zgaruvchan bo'lsalaru, lekin vaqtning yoki nuqta tezligining funktsiyasiga bog'liq bo'lsalar, bu formulalar orqali shu kuchlarning bajargan ishlarini aniqlash mumkin emas.

Ayrim kuchlarning bajargan ishlarini xisoblash.

A) Og'irlik kuchining bajargan ishini hisoblash.

Massasi m - ga teng bo'lgan moddiy nuqta og'irlik kuchi ta`sirida M_0 holatdan M_1 holatga ixtiyoriy traektoriya bo'ylab ko'chdi, deb faraz qilaylik. Shu moddiy nuqtaning <u>*og'irlik kuchini bajargan ishi*</u>ni aniqlash zarur bo'lsin. Og'irlik kuchining koordinata o'qlaridagi proektsiyalari $F_k = F_v = 0,$ hamda $F_s = -mg$ bo'lgani uchun ularni (1) formulaga qo'yib, integrallasak

$$A = \int_{z_0}^{z_1} (-mg)dz = -mg\int_{z_0}^{z_1} dz = mg(z_0 - z_1)$$

Agar nuqtaning M_0 holatdagi balandligi, uning M_1 holatdagi balandligidan katta bo'lsa, ish musbat bo'ladi, aks xolda u manfiy ish bajaradi. $Z_o - Z_1 = h$ ga teng bo'lib, h-nuqtaning vertikal bo'yicha ko'chishi, shunga ko'ra,

$$A(mg) = m\,g\,h \qquad (3.104)$$

Demak moddiy nuqtaning ixtiyoriy traektoriya bo'ylab qilgan harakatida, uning og'irlik kuchini bajargan ishi, faqat og'irlik kuchining modulini shu balandliklarning farqiga ko'paytmasiga teng ekan xolos, ya`ni traektoriyaga bog'liq emas ekan, bu yerda $Z_0 -$ nuqtaning harakat boshlangandagi balandligi, $Z_1 -$ nuqtaning harakat oxiridagi balandligi.

Xulosa. Og'irlik kuchining bajargan ishi faqat balandliklarning farqiga bog'lik ekan xolos, ya`ni koordinatalarning funktsiyasi ekan, bunday kuchlar <u>*potentsial kuchlar*</u> deyiladi.

<u>*4-amaliy masg'ulot*</u>

<u>Mavzu: Parallel kuchlar. Elastiklik kuchlarning bajargan ishi.</u>

Faraz qilaylik, massasi m-ga teng bo'lgan moddiy nuqta qattiqligi $C-$ ga teng bo'lgan prujinaga mahkamlangan bo'lsin. Prujinaning bir uchi A nuqtaga mahkamlangan bo'lib, prujinaning normal holatdagi uzunligi $AO = L_0$ ga teng bo'lsin.

Endi, agar shu prujinani $d\,x-$ uzunlikka uzaytirsak, prujinada shu uzayishga proportsional bo'lgan elastiklik kuch paydo bo'ladi, va shu kuch prujinani muvozanat holatiga qaytarishga harakat qiladi.

Moddiy nuqtaning muvozanat holatini O nuqta bilan belgilab, uni koordinata boshi qilib tanlab olamiz. Guk qonuniga asosan elastiklik kuchining qiymati, prujinaning uzayishiga va uning qattiqlik koeffitsienti $C-$ ga ko'paytmasiga teng, ya`ni $F = -F_k = -C_x$ bo'lgani uchun bularni (3.103) ga qo'ysak,

$$A = \int_{M_0}^{M_1} (-Cx)dx = -C\int_{x_0}^{x_1} xdx = \frac{C}{2}(x_0^2 - x_1^2) \qquad (3.105)$$

Demak, _elastiklik kuchining bajargan ishi_, boshlangich va oxirgi uzunliklar kvadratlari ayirmasining prujinani qattiqligiga ko'paytmasining yarmiga teng ekan.

Agar moddiy nuqta o'zining harakatida, muvozanat holatdan uzoqlashsa elastiklik kuchi manfiy ish bajaradi, agar u muvozanat holatga qarab harakatlansa musbat ish bajaradi.

Prujina bitta o'q bo'ylab emas, balki tekislikda, yoki fazoda joylashgan bo'lishi mumkin, u holda elastiklik kuchining bajargan ishi quyidagi formuladan aniqlanadi,

$$A = -\frac{C}{2}(r_0^2 - r_1^2) \qquad (3.106)$$

Shunga ko'ra, elastiklik kuchi ham _potentsial kuchlar_ guruhiga kiradi.

S) Ishqalanish kuchining bajargan ishi.

Massasi m - bo'lgan moddiy nuqta g'adir-budir tekislikda, yoki chiziqda harakatlanayotgan bo'lsin. U holda Kulon qonuniga asosan, ishqalanish kuchi paydo bo'ladi, va uning yunalishi har doim tezlik vektoriga qarama-qarshi bo'ladi, ya`ni _ishqalanish kuchining bajargan ishi_

$$A = -\int_{m_0}^{m_1} F \cdot ds = -\int_{s_0}^{s_1} f \cdot N \cdot ds = -fN(s_1 - s_0) \qquad (3.107)$$

bu yerda *f* - ishqalanish koeffitsienti.

Ishqalanish kuchi har doim manfiy ish bajaradi, va u nuqtaning koordinatasiga bog'liq bo'lmagan holda o'zgaradi, shuning uchun u potentsial kuchlar guruhiga kirmaydi.

5-amaliy mashg'ulot

Mavzu: Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi. Quvvat haqida tushuncha

Mexanikada _quvvat_ deb, ishdan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosilaga aytiladi, va u lotincha $N-$ harfi bilan belgilanadi, ya`ni

$$N = \frac{dA}{dt} \qquad (3.108)$$

lekin $dA = \vec{F} \cdot d\vec{r}$, bo'lgani uchun buni yuqoridagi formulaga qo'ysak

$$N = \frac{\vec{F} \cdot d\vec{r}}{dt} = \vec{\mathbf{F}} \cdot \vec{\mathbf{v}} \qquad (3.109$$

Demak, quvvat kuch vektorini tezlik vetoriga skalyar ko'paytmasiga teng ekan, agar jism aylanma harakatda bo'lsa, quvvat quyidagicha hisoblanadi,

$$\mathrm{N} = \mathrm{M}_{\text{бур}} \cdot \omega$$

bu yerda $M_{\text{бур}}$-burovchi moment, ya`ni shu qattiq jismga ta`sir etayotgan kuchlarning aylanish o'qiga nisbatan olingan momentlarining yig'indisi, ω - qattiq jismning burchakli tezligi.

Dinamikada eng asosiy tushunchalardan biri bu moddiy nuqtaning kinetik energiyasi hisoblanadi. Lekin shu energiya o'zgaruvchan bo'lsa, nima sababga ko'ra u ortadi, yoki nima sababdan u kamayadi. Quyida shu masala batafsil ko'rib o'tiladi.

Bayoni:

Massasi $m-$ ga teng bo'lgan M moddiy nuqta, unga qo'yilgan kuchlar tasirida M_0 holatdan M_1 holatga ko'chib, o'zining tezligini V_0 dan $V_1 -$ga o'zgartirsin. Natijada, shu moddiy nuqtaning kinetik energiyasi

$$T_0 = \frac{1}{2} m V_0^2 \quad \text{dan} \quad T_1 = \frac{1}{2} m V_1^2 \quad \text{ga o'zgaradi.}$$

Endi ushbu o'zgarish, musbat bo'lsa, nima hisobiga ortdi, agar manfiy bo'lsa shu yo'qolgan energiya nimaga sarflanganligini aniqlaylik. Buning uchun kinetik energiya formulasini differentsiallaylik, ya`ni

$$dT = d(\frac{1}{2} m \vec{V}^2) = m\vec{V} \cdot d\vec{V} = m\frac{d\vec{r}}{dt} \cdot d\vec{V} = m\frac{d\vec{V}}{dt} \cdot d\vec{r} = m\vec{a} \cdot d\vec{r}$$

Dinamikaning asosiy qonuniga asosan $\mathrm{m}\vec{\mathrm{a}} = \sum \vec{\mathrm{F}}_{\mathrm{k}}$, buni yuqoriga qo'ysak

$$dT = \sum \vec{F}_k \cdot d\vec{r}_k \qquad (3.110)$$

Tenglamaning o'ng tomonidagi qiymat, moddiy nuqtaga ta`sir etuvchi kuchlarning elementar ko'chishdagi bajargan ishlarining yig'indisi. Demak, moddiy nuqta kinetik energiyasining differentsiali, shu nuqtaga ta`sir etuvchi kuchlarning elementar ko'chishdagi bajargan ishlarning yig'indisiga teng ekan.

Ushbu tenglama, moddiy nuqta kinetik energiyasi o'zgarishi haqidagi teoremasining differentsial formasi deyiladi. Tugal ko'chishdagi, ya`ni boshqacha qilib aytganda moddiy nuqtaning bir M_0 holatdan, yangi M_1 holatga ko'chishida, mabodo uning kinetik energiyasi o'zgarsa, uni quyidagicha aniqlaymiz. Buning uchun (3.110) tenglamani ikkala tomonini integrallaymiz.

$$\int_{T_0}^{T} dT = \sum \int_{M_0}^{M_1} \vec{F}_k \cdot d\vec{r}_k \qquad (3.111)$$

bundan $T_1 - T_o = A,$ ya`ni, moddiy nuqtaning ma`lum masofaga ko'chishida uning kinetik energiyasining o'zgarishi, shu nuqtaga ta`sir etayotgan kuchlarning bajargan ishlarining yig'indisiga teng ekan.

Agar nuqtaga ta`sir etuvchi kuchlar doimiy yoki vaqtga bog'liq ravishda o'zgarsa, u holda ularning kuch impulslarni hisoblaymiz. Shundan keyin, moddiy nuqta <u>*harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema*</u> dan foydalanib tenglama tuzamiz.

Agar nuqtaga ta`sir etuvchi kuchlar doimiy yoki nuqtaning koordinatalariga yoki bosib o'tilgan yulga bog'liq holda berilsa, u holda shu kuchlarning bajargan ishlarining yig'indilarini aniqlaymiz va nuqtaning <u>*kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teorema*</u> dan foydalanib tegishli tenglama tuzamiz.

Tenglama tuzilgandan keyin, u orqali tegishli nomalumlarni aniqlaymiz, lekin ko'p hollarda asosan nuqtaning ma`lum vaqt, yoki ma`lum masofani bosib o'tgandagi tezligini aniqlash so'raladi.

Ana shu teoremalar orqali nuqtaning tezligini aniqlanishini, nuqta harakatining <u>*birinchi integrali*</u> aniqlandi, deyiladi. Nuqta tezligining qonuniyati aniqlansa, uni yana bir marta integrallab, shu nuqtaning unga ta`sir etuvchi kuchlarga bog'lik harakatidagi qonuniyati yoki boshqacha qilib aytganda <u>*ikkinchi integrali*</u> aniqlanadi. Shu bilan masala to'liq yechilgan hisoblanadi.

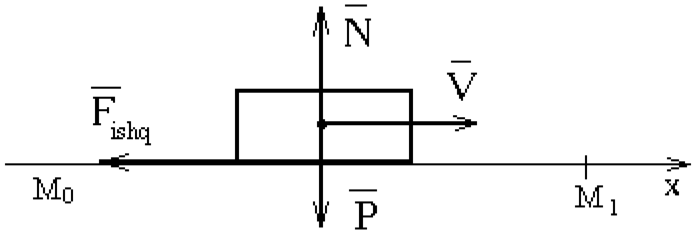
Endi agar, nuqtaga ta`sir etuvchi kuchlar sistemasi har xil funktsiyalardan iborat bo'lsa, yani bitta kuch doimiy, ikkinchisi vaqtga bog'lik, uchinchisi uning koordinatasiga, yoki uning tezligiga bog'lik ravishda o'zgarsa, u holda yuqoridagi teoremalardan foydalanish mumkin emas.

Bunday holda masalani yechish uchun dinamikaning asosiy qonuniga asosan, yani (3.1) formulaga asosan <u>*differentsial tenglama*</u> tuzib, so'ngra uni yechib, shu nuqta harakatining <u>*tezlik qonuni*</u>yati, undan keyin esa yana bir marta integrallash orqali uning h<u>*arakat qonuniyati*</u> aniqlanadi.

<u>***Masala:***</u> Massasi *m* - ga teng bo'lgan va gorizontal tekislikda yotgan jismga turtki berildi, shuning natijasida, u V_0 - tezlik olib harakat boshladi. Agar jism bilan tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsienti *f* - ga teng bo'lsa, jism necha sekunddan keyin to'xtaydi va to'xtaguncha qancha masofani bosib o'tishi aniqlansin.

Masalani shartidan ko'rinib turibdiki, vaqtni aniqlash uchun harakat miqdorini o'zgarishi haqidagi teoremadan foydalanish kerak, yo'lni aniqlash uchun esa kinetik energiyani o'zgarishi haqidagi teoremasidan foydalanish zarur.

Echish: Jismning harakatdagi shaklini chizamiz, nuqta M_0 holatdan M_1 holatgacha harakatlanib to'xtaydi. Jismga bir vaqtda uchta kuch ta`sir etmoqda, og'irlik kuchi P_1, normal bosim N_1, va ishkalanish kuchi F Shaklda ko'rsatilgandek $O\,x$ o'qini harakat tomonga yo'naltiramiz.



Harakat faqat bitta o'q bo'ylab bo'layotgani uchun, harakat miqdori o'zgarish teoremasining shu o'qdagi proektsiyasini yozaylik.

$$mV_{1x} - mV_{0x} = \sum S_x \qquad \text{(a)}$$

Jism to'xtaganda $V_{1x} = O$ bo'ladi, va $V_{ox} = V_o$ ga teng. Jismga ta`sir etuvchi kuchlardan faqat ishqalanish kuchigina $O\,x$ o'qiga proektsiya beradi xolos, va u tezlik yo'nalishiga teskari yo'naladi. Kulon qonuniga asosan $F_{ишк} = f\,N,$ bu yerda N-normal bosim, uni aniqlash uchun, hamma kuchlarni $O\,y$ o'qiga proektsiyalab, uni nol ga tenglaymiz, chunki $O\,y$ o'qi bo'ylab, hech qanday harakat yo'q, ya`ni $V_y = O$ demak $\sum F_k = 0$ $\quad N - P = 0$ bundan $N = P$ va $F_{ishq} = f\,P = fmg$ ga quysak

Jism to'xtagandagi tezligi $V_1 = O$ bo'lgani uchun,

$$-\frac{mv_0^2}{2} = A$$

S - masofani bosib qtishda, N va R kuchlar ish bajarishmaydi, chunki ular harakat yo'nalishiga perpendikulyar ravishda yo'nalishgan, shuning uchun faqat ishqalanish kuchi ish bajaradi xolos, shunga ko'ra $A = -F_{ишк}S,\ \textit{ёки}\ A = -\,fmg\,S,$ chunki $F_{ишк} = fmg$ shuning uchun,

$$-\frac{mv_0^2}{2} = -\,fmgS$$

hosil bo'lgan tenglamani S ga nisbatan yechsak, $S = \dfrac{v_0^2}{2\,fg}$ - ya`ni, jismning to'xtaguncha bosib o'tgan yo'lini aniqlaymiz. Ko'rinib turibdiki jism to'xtaguncha o'tadigan vaqt, boshlang'ich tezlik $V_o$, va ishqalanish koeffitsienti $-\,f$ ga chiziqli ravishda bog'lik ekan, ya`ni ular birinchi darajada ishtirok etmoqdalar, yoki jism to'xtaguncha bosib o'tilgan yo'l tezlikning kvadratiga bog'lik holda o'zgarar ekan.

6-amaliy mashg'ulot

MAVZU: ISHQALANISH KUCHLARI. *MEXANIK SISTEMANING TURLI XARAKATDARIDA UNING KINETIK ENERGIYASINI ANIQLASH*

Kinetik energiya har doim musbat va skalyar qiymat bo'lib, uning yunalishi va qo'yilgan nuqtasi bo'lmaydi, uning moduli (son qiymati) ni bilish kifoyadir.

Avvalo mexanik sistemaning turli xarakatlarida uning kinetik energiyasini qanday aniqlashni ko'rib o'taylik. Kinetik energiya skalyar qiymat bo'lganligi uchun, *mexanik sistemaning kinetik energiyasi*ni aniqlash uchun, uni algebrik yig'indisini olsak kifoyadir, ya`ni

$$T = T_1 + T_2 + \ldots + T_n = \Sigma\, T_k = \Sigma\ m_k\ V_k^2 / 2\ i \qquad (3.112)$$

Endi, texnikada uchraydigan turli xil harakatlarda, mexanik sistemaning kinetik energiyasini aniqlashni ko'rib chiqaylik.

1. Mexanik sistemaning ilgarilama xarakatida, uning kinetik energiyasini aniqlash.

Kinematika qismida ko'rib o'tganimizdek, ilgarilama harakatda mexanik sistemaning barcha nuqtalarining tezlik vektorlari bir xil bo'ladi, ya`ni

$$\overline{V}_1 = \overline{V}_2 = \cdots = \overline{V}_n = \overline{V}_c$$

deb qabul qilsak,

$$T = \frac{1}{2}\sum m_k V_k^2 = \frac{1}{2} V_c^2 \cdot \sum m_k = \frac{1}{2} M \cdot V_c^2$$

ni hosil qilamiz.

Demak, *mexanik sistemaning ilgarilama harakatidagi kinetik energiyasi* sistemaning umumiy massasini, uning massa markazining tezlik modulini kvadratiga ko'paytmasining yarmiga teng ekan, ya`ni

$$T = \frac{1}{2} M V_c^2 \qquad (3.113)$$

2. qattiq jismning qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanma harakatida, uning kinetik energiyasini aniqlash.

qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakatda, ixtiyoriy nuqtaning tezligi $V_k = h_k \cdot \omega$ formula bilan aniqlanadi, shunga ko'ra, umumiy kinetik energiya

$$T = \frac{1}{2}\sum m_k V_k^2 = \frac{1}{2}\sum m_k h_k^2 \omega^2 = \frac{\omega^2}{2}\sum m_k h_k^2$$

ga teng bo'lib, bunda

$$T = \frac{1}{2} J_{0z} \cdot \omega^2 \qquad (3.114)$$

ekanligi isbotlandi, bu yerda ω - jismning burchakli tezligi, J_{os} jismning Oz - o'qiga nisbatan inertsiya momenti.

Ya`ni *qattiq jismning qo'zgalmas o'q atrofidagi aylanma harakatdagi to'liq kinetik energiya*, shu jismning aylanish o'qiga nisbatan *inertsiya momenti*ni, uning burchakli tezligi kvadratiga ko'paytmasining yarmiga teng ekan.

7-amaliy mashg'ulot

Mavzu: Ta'sir chiziqlari bir nuqtada kesishadigan kuchlar. Qattiq jismning tekis parallel harakatdagi kinetik energiyasi.

Kinematika qismida kqrib qtganimizdek `ar qanday tekislikka parallel `arakatni ikkita oddiy `arakatga ajratish mumkin, ulardan biri massa markazi bilan ilgarilama `arakat, ikkinchisi esa massa markazi atrofidagi aylanma `arakatdan iborat, shunga kqra,

$$T = \frac{1}{2} M V_c^2 + \frac{1}{2} J_{cz} \cdot \omega^2 \qquad (3.115)$$

Agar mexanik sistema bir nechta qattiq jismlardan iborat bo'lsa va har biri turlicha harakat qilishsa, ularning kinetik energiyalarini alohida alohida aniqlanadi, so'ngra skalyar ravishda qo'shiladi.

2. Mexanik sistema kinetik energiyasining qzgarish teoremasi.

Mexanik sistemaning bir nuqtasining harakati uchun uning differentsial tenglamasini yozaylik.

$$m_k \bar{a}_k = \bar{F}_k^e + \bar{F}_k^i \quad , \qquad \textit{yoki}$$

$$m_k \frac{d\overline{V}_k}{dt} = \overline{F}_k^e + \overline{F}_k^i \tag{3.116}$$

Endi, shu nuqta $d\,t$ vaqt ichida $d\bar{r}_k$ masofaga ko'chsa, shu nuqtaga ta`sir etuvchi tashqi va ichki kuchlar ma`lum ish bajarishadi, uni aniqlash uchun (3.116) tenglamani ikkala tomonini skalyar ravishda $d\bar{r}_k$ vektorga ko'paytiraylik.

$$m_k \frac{d\overline{V}_k}{dt} \cdot d\bar{r}_k = \overline{F}_k^e \cdot d\bar{r}_k + \overline{F}_k^i \cdot d\bar{r}_k \tag{3.117}$$

bu yerda $\overline{F}_k^e \cdot d\bar{r}_k = dA_k^e$ ва $\overline{F}_k^i \cdot d\bar{r}_k = dA_k^i$ *bo'lganligi uchun,*

$$m_k \frac{d\overline{V}_k}{dt} \cdot d\bar{r}_k = m_k d\overline{V}_k \cdot \frac{d\bar{r}_k}{dt} = m_k \overline{V}_k \cdot d\overline{V}_k = d\left(\frac{1}{2}\overline{V}_k^2\right) = dT_k$$

ekanligini e`tiborga olsak (3.117) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi.

$$dT_k = dA_k^e + dA_k^i \tag{3.118}$$

Butun mexanik sistema uchun,

$$d\sum T_k = \sum dA_k^e + \sum dA_k^i \tag{3.119}$$

Ushbu (3.119) tenglama, *mexanik sistema kinetik energiyasining o'zgarish teoremasining differentsial formasi* deyiladi, ya`ni mexanik sistema kinetik energiyasining differentsiali, shu sistema nuqtalariga ta`sir etuvchi tashqi va ichki kuchlarning bajargan elementar ishlarining yig'indisiga teng ekan.

(3.119) tenglamani ikkala tomonini harakatni boshlanishi va oxiri ichida integrallasak

$$T - T_0 = \sum A_k^e + \sum A_k^i \tag{3.120}$$

hosil qilamiz. Ushbu (3.120) tenglama *mexanik sistema kinetik energiyasining o'zgarish teoremasining integral ifodasi* deyiladi, ya`ni mexanik sistemaning bir `olatdan ikkinchi holatda ko'chishdagi kinetik energiyasining o'zgarishi, shu sistemaga ta`sir etuvchi ichki va tashqi kuchlarning shu kqchishida bajargan to'liq ishlarining yig'indisiga teng ekan.

Agar mexanik sistema yaxlit qattiq jismdan iborat bo'lsa, yani uning nuqtalari bir-birlariga nisbatan o'z holatlarini harakat davomida o'zgartirmaydilar, u holda *ichki kuchlarning bajargan ishlarining yig'indisi* nol ga teng bo'ladi (ichki kuchlarning ikkinchi xossasiga qarang), shunga ko'ra, (3.120) tenglama, quyidagi ko'rinishga keladi,

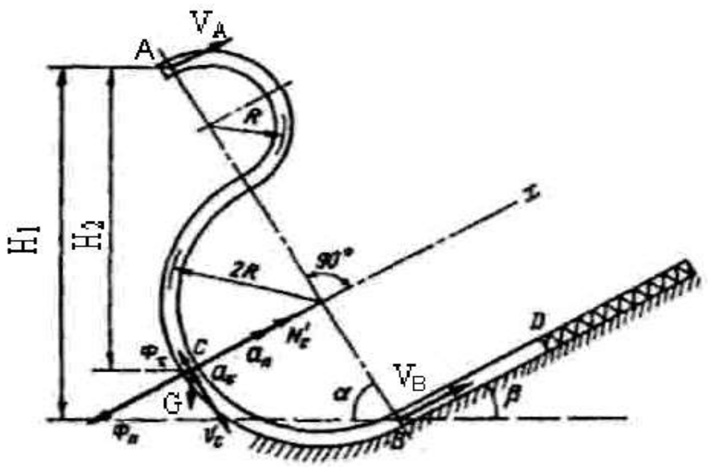
$$T - T_0 = \sum A_k^e \qquad (3.121)$$

qattiq jismning biror harakatidagi kinetik energiyasini o'zgarishi, shu sistemaga ta`sir etuvchi tashqi kuchlarining bajargan ishlarining yig'indisiga teng ekan.

Shunday qilib oldingi uchta teoremada ichki kuchlar mutloq ishtirok etmagan edi, bu teoremada esa ular qatnashmoqdalar, lekin absolyut qattiq jismning har qanday harakatida ichki kuchlar yana ishtirok etishmayapti.

Nyutonning qonunlari har qanday mexanik sistemaning harakatlarini o'rganish uchun barcha imkoniyatlarni o'zida jam qilgan. Avvalida bu qonunlar faqat erkin moddiy nuqta va qattiq jism uchun qo'llanilgan edi, keyinchalik bog'lanishdagi jismlarning ham harakatiga qo'llanila boshlandi va bog'lanishlar aksiomasi bilan, ya`ni qo'shimcha qonunlar bilan boyitildi, quyida mexanikaning asosiy printsiplarpidan biri bo'lgan Dalamber printsipi haqida so'z yuritiladi, va uni dinamika masalalarini yechishda tutgan o'rni ko'rsatib beriladi.

Topshiriq namunasi:.



Berilgan:

m=0,5 kg $v_A = 8 \ ^{м}\!/_{c}$ $\tau = 0{,}1 \ c$; (VD qismda harakatlanish vaqti)

$R = 0.2м$ $f = 0.1$ $\alpha = 60^0$ $\beta = 30^0$ $h_0 = 0$ $c = 1000 \, ^{N}\!/_{cм}$

Topish kerak: $V_B, V_C, N_C, \ N_D, h$

Yechish:

V_B va V_C aniqlash uchun moddiy nuqta kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teoremani qo'llaymiz. Sharchani traektoriyaning AC va AB qismlaridagi harakati og'irlik kuchi G ta'siri ostida ro'y beradi (egri chiziqli qismlardagi ishqalanish kuchini hisobga olmaymiz)

$$\frac{mv_B^2}{2} - \frac{mv_A^2}{2} = \sum A_i = GH_i = mgAB\sin\alpha = 6mgR\sin\alpha,$$

$$v_B^2 - v_A^2 = 12gR\sin\alpha,$$

$$v_B = 4{,}59 \quad {}^{м}\!/\!{}_{c}$$

$$\frac{mv_c^2}{2} - \frac{mv_A^2}{2} = \sum A_i = GH_2 = mg(4R\sin\alpha + 2R\cos\alpha,)$$

$$v_C = \sqrt{v_A^2 + 4gR(2\sin\alpha + \cos\alpha)}$$

Yoki $v_C = 4{,}26 \ {}^{м}\!/\!{}_{c}$

Sharchaning kanal devoriga bosimini uning C vaziyatda aniqlaymiz.

Moddiy nuqta uchun Dalamber prinsipiga asosan nuqtaga qo'yilgan kuchlarning va bu nuqta inersiya kuchining geometrik yig'indisi nolga teng:

$\vec{G} + \vec{N}'_c + \vec{\Phi} = 0$

Moddiy nuqtaning inersiya kuchini normal va urinma tashkil etuvchilarga ajratish mumkin:

$\vec{\Phi} = \vec{\Phi}_n + \vec{\Phi}_\tau$

$\vec{G}, \vec{N}'_C$ va $\vec{\Phi}$ kuchlarning x o'qiga proeksiyalarining yig'indisi nolga teng bo'lishi kerak:

$N'_C - G\cos 60^0 - \Phi_n = 0$

Bu yerdan

$$N'_C = G\cos 60^0 + \Phi_n = mg\cos 60^0 + \frac{mv_c^2}{2R}$$

Yoki

$N'_C = 25{,}2 \ N$

N'_C reaksiyani shuningdek tabiiy harakat tenglamalari yordamida ham aniqlash mumkin:

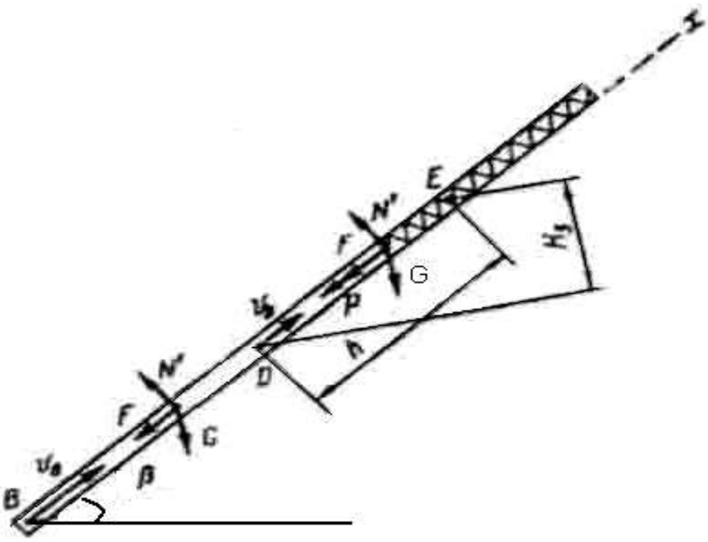
$$\frac{mv_c^2}{2R} = \sum P_i \cos(\vec{P}_{i,}\hat{\ }\vec{n}) = N'_C - G\cos 60^0$$

Bu yerdan

$$N_c^I = G\cos 60^0 + \frac{mv_c^2}{2R}$$

Sharchaning naycha devoriga bosimi N_c con qiymati jihatdan topilgan. N_c^I reaksiyaga teng va qarama-qarshi tomonga yo`nalgan.

Sharchaning D vaziyatdagi tezligini moddiy nuqta harakat miqdorini o`zgarishi haqidagi teoremani BD qismi uchun tadbiq etib topamiz.



$$mv_{Dx} - mv_B = \sum S_x$$

Nuqtaga og`irlik kuchi G, naycha devorining reaksiyasi N va ishqalanish kuchi A qo`yilgan.

$$F = fN = fG\cos\beta$$

$$v_{Dx} = v_D$$

$$v_{Bx} = v_B$$

$\sum S_x = -G\sin\beta t - Ft = -mg\sin\beta t - fmg\cos\beta t$ bo`lgani uchun

$$mv_{Dx} - mv_B = -mg\sin\beta t - fmg\cos\beta t$$

Bu yerdan $V_B = 4.01 m/c$

Prujinaning maksimal siqilishi h ni topish uchun DE qismda moddiy nuqta kinetik energiyasining o`zgarishi haqidagi teoremadan foydalananamiz.

$$\frac{mv_E^2}{2} + \frac{mv_D^2}{2} = \sum A_i = \frac{-ch^2}{2} - GH_3 - Fh$$

$v_E = 0$ va $H_3 = h\sin\beta$ ekanligini hisobga olib, quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$\frac{-ch^2}{2} + G(\sin\beta + f\cos\beta)h - \frac{mv_D^2}{2} = 0$$

yoki

$$h^2 + 2Gh(\sin\beta + f\cos\beta)/c - \frac{mv_D^2}{c} = 0$$

Olingan kvadrat tenglamani h ga nisbatan yechamiz:

$$h = 0{,}003 \pm 0{,}090 = 0{,}087m$$

8-amaliy mashg'ulot

Mavzu: Kuchlar sistemasini sodda holatga keltirish. Dinamika asosiy teoremalarini moddiy nuqtaning harakatini tekshirishga tadbiq etish

1. Harakat miqdori va kinetik energiya .
2. Kuch impulsi. Kuchning bajargan ishi.
3. Dalamber prinsipi.
4.Moddiy nuqta harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema .
5. Moddiy nuqta kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teorema.

Moddiy nuqta kinetik energiyasi

Moddiy nuqta kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teorema Nazariy mexanika fanida moddiy nuqta harakatining dinamik xususiyatlaridan biri sifatida uning kinetik energiyasi olinadi.

Ta`rif: Nuqta massasining uning tezligi kvadratiga ko'paytmasining yarmiga teng bo'lgan $\frac{mv^2}{2}$ skalyar kattalik nuqtaning kinetik energiyasi deyiladi.

$T = \frac{mv^2}{2}$ Xalqaro SI birliklar sistemasida $\left[\frac{kg\,m^2}{s^2}\right]$ yoki $[N \cdot m]$ da o'lchanadi.

Teorema. Moddiy nuqta kinetik energiyasining nuqtaning biror chekli ko'chishdagi o'zgarishi unga ta'sir etuvchi kuchlarning shu ko'chishdagi bajargan ishlarining algebraik yig'indisiga teng

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \sum A_i$$

Agar M nuqta potensiali kuch maydonida harakatlansa uning kinetik energiyasi

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \Pi_0 - \Pi$$

P – potensial energiya.

$$\frac{mv^2}{2} + \Pi = \frac{mv_0^2}{2} + \Pi_0 = h$$

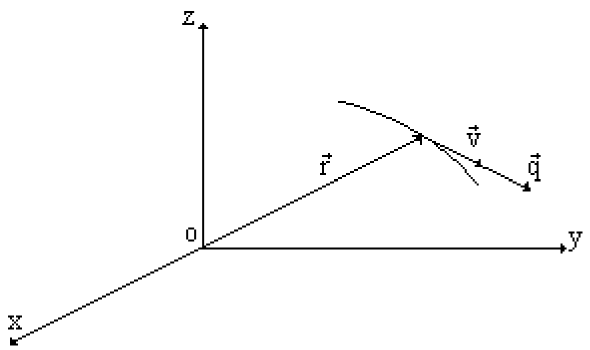
Nuqta kinetik va potensial energiyalarining yig'indisi to'liq mexanik energiyani ifodalaydi.

$E = \frac{mv^2}{2} + \Pi = h$ Bu tenglik energiyaning saqlanish qonunini ifodalaydi.

Moddiy nuqta yoki sistemaning harakatining o`lchovlaridan biri **harakat miqdoridir.**

**Ta`rif:** Moddiy nuqta massasining tezligining ko`paytmasiga xarakat miqdori deyiladi va uning yo`nalishi tezlik vektori bo`yicha yo`naladi.

$$\vec{q} = m\vec{v}$$



Teorema: Moddiy nuqta xarakat miqdorining biror chekli vaqt oralig`idagi o`zgarishi unga ta`sir etuvchi kuchning shu vaqt ichidagi impulsiga teng.

$$m\vec{v} - m\vec{v}_0 = \vec{S}$$

Bu yerda $\vec{S} = \int_0^t \vec{F}dt$ kuch impulsi

Masalalar yechish va formulalarning koordinada o`qlaridagi proeksiyalari olinadi.

$$m\vec{v}_x - m\vec{v}_{0x} = \vec{S}_x$$

$$m\vec{v}_y - m\vec{v}_{0y} = \vec{S}_y$$

$$m\vec{v}_z - m\vec{v}_{0z} = \vec{S}_z$$

$$\vec{S}_x = \int_0^t Xdt \qquad \vec{S}_y = \int_0^t Ydt \qquad \vec{S}_z = \int_0^t Zdt \quad (5)$$

Demak, chekli vaqt ichida nuqta harakat miqdorining biror koordinata o’qi bo’yicha o’zgarishi nuqtaga ta’sir etuvchi kuchning shu vaqt oralig’idagi impulsining mazkur o’qdagi proeksiyasiga teng.

Agar nuqtaga ta’sir etuvchi kuch $\vec{F} = 0$ bo’lsa , $\vec{S} = 0$ bo’ladi. Natijada

$$m\vec{v} = m\vec{v}_0 \quad \text{yoki} \quad m\vec{v} = const \quad (6)$$

Bu moddiy nuqta harakat miqdorining saqlanish qonunini ifodalaydi.

Mavzuga doir masalalar yechish.

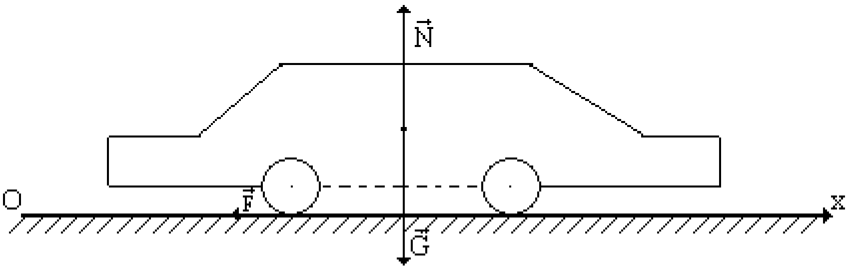
1-MASALA.

20 $м/с$ tezlik bilan boruvchi avtomobil tormoz berilgandan keyin 6 c da to’xtagan bo’lsa, avtomobil g’ildiragining yo’lga ishqalanish koeffisienti f qancha bo’lishi kerak ?

Berilgan: $v_0 = 20 \ м/с \quad t = 6 \ с$

Topish kerak: f =?

Yechish:



Moddiy nuqta harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teoremani ox o'qidagi proeksiyasidan foydalanamiz.

$$mv_x - mv_{0x} = S_x$$

$$mv_x - mv_{0x} = -Ft\,,\quad F = f\cdot N = f\cdot G = fmg$$

Oxirgi tezlik $v_x = 0$, chunki avtomobil to'xtaydi.

$$-mv_{0x} = -fmgt$$

$$mv_{0x} = fmgt \qquad f = \frac{v_{ox}}{gt} = \frac{20}{9.8\cdot 6} = 0{,}34$$

Javob : $f = 0{,}34$

9-amaliy

Mavzu: Ixtiyoriy kuchlar sistemasini muvozanati. Kuchning elementar bajargan ishi

Elementar ish deb, kuch vektorini moddiy nuqtaning elementar ko'chish vektoriga skalyar ko'paytmasiga aytiladi, ya`ni

$$dA = \overline{F}\cdot d\overline{r} \tag{3.101}$$

bu yerda $dA-$ elementar ish, $\overline{F}$ - kuch vektori, $d\overline{r}$ - moddiy nuqtaning elementar ko'chish vektori.

Ish skalyar qiymat, ya`ni uning yo'nalishi va qo'yilgan nuqtasi bo'lmaydi, uning faqat katta yoki kichikligi, musbat-manfiyligi (moduli) bilan farqlanadi.

(3.101) formuladagi elementar ishning moduli, ya`ni (son qiymati) quyidagicha aniqlanadi

$$dA = F\cdot dr\cdot Cos\alpha \tag{3.102}$$

bu yerda $\alpha -$kuch vektori bilan elementar ko'chish vektori orasidagi bo'rchak.

Shunga ko'ra $\alpha = 0$ bo'lsa, ish maksimum bo'ladi, $\alpha = \pi F2$ bo'lsa, ish nolga teng bo'ladi, agar $\alpha = \pi$ bo'lsa ish manfiy bo'ladi. Moddiy nuqtaning elementar ko'chish vektori $d\vec{r} = \vec{i}\cdot dx + \vec{j}\cdot dy + \vec{k}\cdot dz$ va shu nuqtaga ta`sir etuvchi kuch vektori $\vec{F} = \vec{i} \cdot F_x + \vec{j} \cdot F_y + \vec{k} \cdot F_z$ bo'lgani uchun, shu nuqtaning ana shu kuch vektori ta`sirida ko'chishda bajargan elementar ishi $dA = \vec{F} \cdot d\vec{r}$, yoki $dA = F_k\, dx + F_y\, dy + F_z\, dz$ ga teng bo'lgan skalyar qiymatdir.

2.Kuchning tugal ko'chishdagi to'liq bajarilgan ishni hisoblash.

Moddiy nuqtaning malum tugal ko'chishdagi, ya`ni traektoriya bo'ylab $M_0$ holatdan $M_1$ holatga ko'chishdagi harakatida, unga ta`sir etuvchi kuchlarning bajargan ishlarining yig'indisi quyidagicha aniqlanadi,

$$A = \int_{M_0}^{M_1} (F_x dx + F_y dy + F_z dz) \tag{3.103}$$

yoki
$$A = \int_{M_0}^{M_1} F_\tau \cdot ds \tag{3.103 a}$$

ga teng bo'ladi. Ishning o'lchov birligi qilib halqaro $C\ И$ sistemasida Djoul qabul qilingan $(1Дж. = 1Н\,м)$. Yuqoridagi formulalar orqali moddiy nuqtaga ta`sir etuvchi kuchlar o'zgarmas yoki nuqtaning koordinatalariga bog'liq bo'lgandagina ularni integrallab, ularning bajargan ishlarini topishimiz mumkin.

Agar kuchlar o'zgaruvchan bo'lsalaru, lekin vaqtning yoki nuqta tezligining funktsiyasiga bog'liq bo'lsalar, bu formulalar orqali shu kuchlarning bajargan ishlarini aniqlash mumkin emas.

Ayrim kuchlarning bajargan ishlarini xisoblash.

A) Og'irlik kuchining bajargan ishini hisoblash.

Massasi m - ga teng bo'lgan moddiy nuqta og'irlik kuchi ta`sirida M_0 holatdan M_1 holatga ixtiyoriy traektoriya bo'ylab ko'chdi, deb faraz qilaylik. Shu moddiy nuqtaning og'irlik kuchini bajargan ishini aniqlash zarur bo'lsin. Og'irlik kuchining koordinata o'qlaridagi proektsiyalari $F_k = F_v = 0,$ hamda $F_s = -mg$ bo'lgani uchun ularni (1) formulaga qo'yib, integrallasak

$$A = \int_{z_0}^{z_1} (-mg)dz = -mg\int_{z_0}^{z_1} dz = mg(z_0 - z_1)$$

Agar nuqtaning M_0 holatdagi balandligi, uning M_1 holatdagi balandligidan katta bo'lsa, ish musbat bo'ladi, aks xolda u manfiy ish bajaradi. $Z_o - Z_1 = h$ ga teng bo'lib, h-nuqtaning vertikal bo'yicha ko'chishi, shunga ko'ra,

$$A(mg) = m\,g\,h \tag{3.104}$$

Demak moddiy nuqtaning ixtiyoriy traektoriya bo'ylab qilgan harakatida, uning og'irlik kuchini bajargan ishi, faqat og'irlik kuchining modulini shu balandliklarning farqiga ko'paytmasiga teng ekan xolos, ya`ni traektoriyaga bog'liq emas ekan, bu yerda $Z_0 -$ nuqtaning harakat boshlangandagi balandligi, $Z_1 -$ nuqtaning harakat oxiridagi balandligi.

Xulosa. Og'irlik kuchining bajargan ishi faqat balandliklarning farqiga bog'lik ekan xolos, ya`ni koordinatalarning funktsiyasi ekan, bunday kuchlar *potentsial kuchlar* deyiladi.

10-amaliy mashg'ulot

Mavzu: Og'irlik markazi. Elastiklik kuchlarning bajargan ishi.

Faraz qilaylik, massasi m-ga teng bo'lgan moddiy nuqta qattiqligi $C -$ ga teng bo'lgan prujinaga mahkamlangan bo'lsin. Prujinaning bir uchi A nuqtaga mahkamlangan bo'lib, prujinaning normal holatdagi uzunligi $AO = L_0$ ga teng bo'lsin.

Endi, agar shu prujinani $d\,x -$ uzunlikka uzaytirsak, prujinada shu uzayishga proportsional bo'lgan elastiklik kuch paydo bo'ladi, va shu kuch prujinani muvozanat holatiga qaytarishga harakat qiladi.

Moddiy nuqtaning muvozanat holatini O nuqta bilan belgilab, uni koordinata boshi qilib tanlab olamiz. Guk qonuniga asosan elastiklik kuchining qiymati, prujinaning uzayishiga va uning qattiqlik koeffitsienti $C -$ ga ko'paytmasiga teng, ya`ni $F = -F_k = -C_x$ bo'lgani uchun bularni (3.103) ga qo'ysak,

$$A = \int_{M_0}^{M_1} (-Cx)dx = -C\int_{x_0}^{x_1} xdx = \frac{C}{2}(x_0^2 - x_1^2) \tag{3.105}$$

Demak, *elastiklik kuchining bajargan ishi*, boshlangich va oxirgi uzunliklar kvadratlari ayirmasining prujinani qattiqligiga ko'paytmasining yarmiga teng ekan.

Agar moddiy nuqta o'zining harakatida, muvozanat holatdan uzoqlashsa elastiklik kuchi manfiy ish bajaradi, agar u muvozanat holatga qarab harakatlansa musbat ish bajaradi.

Prujina bitta o'q bo'ylab emas, balki tekislikda, yoki fazoda joylashgan bo'lishi mumkin, u holda elastiklik kuchining bajargan ishi quyidagi formuladan aniqlanadi,

$$A = -\frac{C}{2}(r_0^2 - r_1^2) \tag{3.106}$$

Shunga ko'ra, elastiklik kuchi ham *potentsial kuchlar* guruhiga kiradi.

S) Ishqalanish kuchining bajargan ishi.

Massasi m - bo'lgan moddiy nuqta g'adir-budir tekislikda, yoki chiziqda harakatlanayotgan bo'lsin. U holda Kulon qonuniga asosan, ishqalanish kuchi paydo bo'ladi, va uning yunalishi har doim tezlik vektoriga qarama-qarshi bo'ladi, ya`ni *ishqalanish kuchining bajargan ishi*

$$A = -\int_{m_0}^{m_1} F \cdot ds = -\int_{s_0}^{s_1} f \cdot N \cdot ds = -fN(s_1 - s_0) \tag{3.107}$$

bu yerda *f* - ishqalanish koeffitsienti.

Ishqalanish kuchi har doim manfiy ish bajaradi, va u nuqtaning koordinatasiga bog'liq bo'lmagan holda o'zgaradi, shuning uchun u potentsial kuchlar guruhiga kirmaydi.

3. quvvat haqida tushuncha

Mexanikada *quvvat* deb, ishdan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosilaga aytiladi, va u lotincha $N-$ harfi bilan belgilanadi, ya`ni

$$N = \frac{dA}{dt} \tag{3.108}$$

lekin $dA = \vec{F} \cdot d\vec{r}$, bo'lgani uchun buni yuqoridagi formulaga qo'ysak

$$N = \frac{\vec{F} \cdot d\vec{r}}{dt} = \vec{\mathbf{F}} \cdot \vec{\mathbf{v}} \qquad (3.109$$

Demak, quvvat kuch vektorini tezlik vetoriga skalyar ko'paytmasiga teng ekan, agar jism aylanma harakatda bo'lsa, quvvat quyidagicha hisoblanadi,

$$N = M_{бур} \cdot \omega$$

bu yerda $M_{бур}$ -burovchi moment, ya`ni shu qattiq jismga ta`sir etayotgan kuchlarning aylanish o'qiga nisbatan olingan momentlarining yig'indisi, ω - qattiq jismning burchakli tezligi.

Dinamikada eng asosiy tushunchalardan biri bu moddiy nuqtaning kinetik energiyasi hisoblanadi. Lekin shu energiya o'zgaruvchan bo'lsa, nima sababga ko'ra u ortadi, yoki nima sababdan u kamayadi. Quyida shu masala batafsil ko'rib o'tiladi.

Bayoni:

Massasi $m-$ ga teng bo'lgan M moddiy nuqta, unga qo'yilgan kuchlar tasirida M_0 holatdan M_1 holatga ko'chib, o'zining tezligini V_0 dan $V_1 -$ga o'zgartirsin. Natijada, shu moddiy nuqtaning kinetik energiyasi

$T_0 = \frac{1}{2}mV_0^2$ dan $T_1 = \frac{1}{2}mV_1^2$ ga o'zgaradi.

Endi ushbu o'zgarish, musbat bo'lsa, nima hisobiga ortdi, agar manfiy bo'lsa shu yo'qolgan energiya nimaga sarflanganligini aniqlaylik. Buning uchun kinetik energiya formulasini differentsiallaylik, ya`ni

$$dT = d(\frac{1}{2}m\vec{V}^2) = m\vec{V} \cdot d\vec{V} = m\frac{d\vec{r}}{dt} \cdot d\vec{V} = m\frac{d\vec{V}}{dt} \cdot d\vec{r} = m\vec{a} \cdot d\vec{r}$$

Dinamikaning asosiy qonuniga asosan $m\vec{a} = \sum \vec{F}_k$, buni yuqoriga qo'ysak

$$dT = \sum \vec{F}_k \cdot d\vec{r}_k \tag{3.110}$$

Tenglamaning o'ng tomonidagi qiymat, moddiy nuqtaga ta`sir etuvchi kuchlarning elementar ko'chishdagi bajargan ishlarining yig'indisi. Demak, moddiy nuqta kinetik energiyasining differentsiali, shu nuqtaga ta`sir etuvchi kuchlarning elementar ko'chishdagi bajargan ishlarning yig'indisiga teng ekan.

Ushbu tenglama, moddiy nuqta kinetik energiyasi o'zgarishi haqidagi teoremasining differentsial formasi deyiladi. Tugal ko'chishdagi, ya`ni boshqacha qilib aytganda moddiy nuqtaning bir M_0 holatdan, yangi M_1 holatga ko'chishida, mabodo uning kinetik energiyasi o'zgarsa, uni quyidagicha aniqlaymiz. Buning uchun (3.110) tenglamani ikkala tomonini integrallaymiz.

$$\int_{T_0}^{T} dT = \sum \int_{M_0}^{M_1} \vec{F}_k \cdot d\vec{r}_k \tag{3.111}$$

bundan $T_1 - T_o = A,$ ya`ni, moddiy nuqtaning ma`lum masofaga ko'chishida uning kinetik energiyasining o'zgarishi, shu nuqtaga ta`sir etayotgan kuchlarning bajargan ishlarining yig'indisiga teng ekan.

Agar nuqtaga ta`sir etuvchi kuchlar doimiy yoki vaqtga bog'liq ravishda o'zgarsa, u holda ularning kuch impulslarni hisoblaymiz. Shundan keyin, moddiy nuqta *harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema* dan foydalanib tenglama tuzamiz.

Agar nuqtaga ta`sir etuvchi kuchlar doimiy yoki nuqtaning koordinatalariga yoki bosib o'tilgan yulga bog'liq holda berilsa, u holda shu kuchlarning bajargan ishlarining yig'indilarini
aniqlaymiz va nuqtaning <u>*kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teorema*</u> dan foydalanib tegishli tenglama tuzamiz.

Tenglama tuzilgandan keyin, u orqali tegishli nomalumlarni aniqlaymiz, lekin ko'p hollarda asosan nuqtaning ma`lum vaqt, yoki ma`lum masofani bosib o'tgandagi tezligini aniqlash so'raladi.

Ana shu teoremalar orqali nuqtaning tezligini aniqlanishini, nuqta harakatining <u>*birinchi integrali*</u> aniqlandi, deyiladi. Nuqta tezligining qonuniyati aniqlansa, uni yana bir marta integrallab, shu nuqtaning unga ta`sir etuvchi kuchlarga bog'lik harakatidagi qonuniyati yoki boshqacha qilib aytganda <u>*ikkinchi integrali*</u> aniqlanadi. Shu bilan masala to'liq yechilgan hisoblanadi.

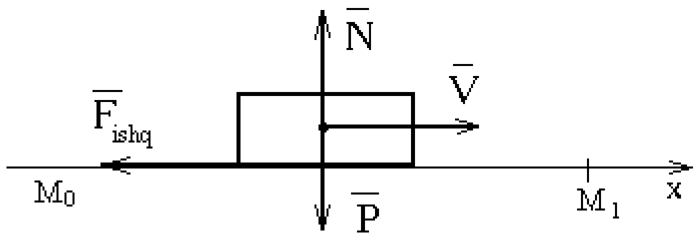
Endi agar, nuqtaga ta`sir etuvchi kuchlar sistemasi har xil funktsiyalardan iborat bo'lsa, yani bitta kuch doimiy, ikkinchisi vaqtga bog'lik, uchinchisi uning koordinatasiga, yoki uning tezligiga bog'lik ravishda o'zgarsa, u holda yuqoridagi teoremalardan foydalanish mumkin emas.

Bunday holda masalani yechish uchun dinamikaning asosiy qonuniga asosan, yani (3.1) formulaga asosan <u>*differentsial tenglama*</u> tuzib, so'ngra uni yechib, shu nuqta harakatining <u>*tezlik qonuni*</u>yati, undan keyin esa yana bir marta integrallash orqali uning h<u>*arakat qonuniyati*</u> aniqlanadi.

<u>***Masala:***</u> Massasi *m* - ga teng bo'lgan va gorizontal tekislikda yotgan jismga turtki berildi, shuning natijasida, u V_0 - tezlik olib harakat boshladi. Agar jism bilan tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsienti *f* - ga teng bo'lsa, jism necha sekunddan keyin to'xtaydi va to'xtaguncha qancha masofani bosib o'tishi aniqlansin.

Masalani shartidan ko'rinib turibdiki, vaqtni aniqlash uchun harakat miqdorini o'zgarishi haqidagi teoremadan foydalanish kerak, yo'lni aniqlash uchun esa kinetik energiyani o'zgarishi haqidagi teoremasidan foydalanish zarur.

<u>***Echish:***</u> Jismning harakatdagi shaklini chizamiz, nuqta M_0 holatdan M_1 holatgacha harakatlanib to'xtaydi. Jismga bir vaqtda uchta kuch ta`sir etmoqda, og'irlik kuchi P_1, normal bosim N_1, va ishkalanish kuchi F Shaklda ko'rsatilgandek Ox o'qini harakat tomonga yo'naltiramiz.



Harakat faqat bitta o'q bo'ylab bo'layotgani uchun, harakat miqdori o'zgarish teoremasining shu o'qdagi proektsiyasini yozaylik.

$$mV_{1x} - mV_{0x} = \sum S_x$$

(a)

Jism to’xtaganda $V_{1x} = O$ bo’ladi, va $V_{ox} = V_o$ ga teng. Jismga ta`sir etuvchi kuchlardan faqat ishqalanish kuchigina $O\,x$ o’qiga proektsiya beradi xolos, va u tezlik yo’nalishiga teskari yo’naladi. Kulon qonuniga asosan $F_{ишк} = f\,N,$ bu yerda N-normal bosim, uni aniqlash uchun, hamma kuchlarni $O\,y$ o’qiga proektsiyalab, uni nol ga tenglaymiz, chunki $O\,y$ o’qi bo’ylab, hech qanday harakat yo’q, ya`ni $V_y = O$ demak $\sum F_k = 0$ $N - P = 0$ bundan $N = P$ va $F_{ishq} = f\,P = fmg$ ga quysak

Jism to’xtagandagi tezligi $V_1 = O$ bo’lgani uchun,

$$-\frac{mv_0^2}{2} = A$$

S - masofani bosib qtishda, N va R kuchlar ish bajarishmaydi, chunki ular harakat yo’nalishiga perpendikulyar ravishda yo’nalishgan, shuning uchun faqat ishqalanish kuchi ish bajaradi xolos, shunga ko’ra $A = -F_{ишк}S,\ ёки\ A = -\,fmg\,S,$ chunki $F_{ишк} = fmg$ shuning uchun,

$$-\frac{mv_0^2}{2} = -\,fmgS$$

hosil bo’lgan tenglamani S ga nisbatan yechsak, $S = \dfrac{v_0^2}{2\,fg}$ - ya`ni, jismning to’xtaguncha bosib o’tgan yo’lini aniqlaymiz. Ko’rinib turibdiki jism to’xtaguncha o’tadigan vaqt, boshlang’ich tezlik $V_o,$ va ishqalanish koeffitsienti $-\,f$ ga chiziqli ravishda bog’lik ekan, ya`ni ular birinchi darajada ishtirok etmoqdalar, yoki jism to’xtaguncha bosib o’tilgan yo’l tezlikning kvadratiga bog’lik holda o’zgarar ekan.

11-amaliy mashg’ulot

Mavzu: Nuqta tezligi. Nuqta tezlanishi. Elastiklik kuchlarning bajargan ishi.

Faraz qilaylik, massasi m-ga teng bo’lgan moddiy nuqta qattiqligi $C-$ ga teng bo’lgan prujinaga mahkamlangan bo’lsin. Prujinaning bir uchi A nuqtaga mahkamlangan bo’lib, prujinaning normal holatdagi uzunligi $AO = L_0$ ga teng bo’lsin.

Endi, agar shu prujinani $d\,x-$ uzunlikka uzaytirsak, prujinada shu uzayishga proportsional bo’lgan elastiklik kuch paydo bo’ladi, va shu kuch prujinani muvozanat holatiga qaytarishga harakat qiladi.

Moddiy nuqtaning muvozanat holatini O nuqta bilan belgilab, uni koordinata boshi qilib tanlab olamiz. Guk qonuniga asosan elastiklik kuchining qiymati, prujinaning uzayishiga va uning qattiqlik koeffitsienti $C-$ ga ko'paytmasiga teng, ya`ni $F=-F_k=-C_x$ bo'lgani uchun bularni (3.103) ga qo'ysak,

$$A=\int_{M_0}^{M_1}(-Cx)dx=-C\int_{x_0}^{x_1}xdx=\frac{C}{2}(x_0^2-x_1^2) \qquad (3.105)$$

Demak, *elastiklik kuchining bajargan ishi*, boshlangich va oxirgi uzunliklar kvadratlari ayirmasining prujinani qattiqligiga ko'paytmasining yarmiga teng ekan.

Agar moddiy nuqta o'zining harakatida, muvozanat holatdan uzoqlashsa elastiklik kuchi manfiy ish bajaradi, agar u muvozanat holatga qarab harakatlansa musbat ish bajaradi.

Prujina bitta o'q bo'ylab emas, balki tekislikda, yoki fazoda joylashgan bo'lishi mumkin, u holda elastiklik kuchining bajargan ishi quyidagi formuladan aniqlanadi,

$$A=-\frac{C}{2}(r_0^2-r_1^2) \qquad (3.106)$$

Shunga ko'ra, elastiklik kuchi ham *potentsial kuchlar* guruhiga kiradi.

S) Ishqalanish kuchining bajargan ishi.

Massasi m - bo'lgan moddiy nuqta g'adir-budir tekislikda, yoki chiziqda harakatlanayotgan bo'lsin. U holda Kulon qonuniga asosan, ishqalanish kuchi paydo bo'ladi, va uning yunalishi har doim tezlik vektoriga qarama-qarshi bo'ladi, ya`ni *ishqalanish kuchining bajargan ishi*

$$A=-\int_{m_0}^{m_1}F\cdot ds=-\int_{s_0}^{s_1}f\cdot N\cdot ds=-fN(s_1-s_0) \qquad (3.107)$$

bu yerda *f* - ishqalanish koeffitsienti.

Ishqalanish kuchi har doim manfiy ish bajaradi, va u nuqtaning koordinatasiga bog'liq bo'lmagan holda o'zgaradi, shuning uchun u potentsial kuchlar guruhiga kirmaydi.

3. quvvat haqida tushuncha

Mexanikada *quvvat* deb, ishdan vaqt bo'yicha olingan birinchi hosilaga aytiladi, va u lotincha $N-$ harfi bilan belgilanadi, ya`ni

$$N=\frac{dA}{dt} \qquad (3.108)$$

lekin $dA = \vec{F} \cdot d\vec{r}$, bo'lgani uchun buni yuqoridagi formulaga qo'ysak

$$N = \frac{\vec{F} \cdot d\vec{r}}{dt} = \vec{\mathbf{F}} \cdot \vec{\mathbf{v}} \tag{3.109}$$

Demak, quvvat kuch vektorini tezlik vetoriga skalyar ko'paytmasiga teng ekan, agar jism aylanma harakatda bo'lsa, quvvat quyidagicha hisoblanadi,

$$\mathrm{N} = \mathrm{M}_{\text{бур}} \cdot \omega$$

bu yerda $M_{бур}$ -burovchi moment, ya`ni shu qattiq jismga ta`sir etayotgan kuchlarning aylanish o'qiga nisbatan olingan momentlarining yig'indisi, ω - qattiq jismning burchakli tezligi.

Dinamikada eng asosiy tushunchalardan biri bu moddiy nuqtaning kinetik energiyasi hisoblanadi. Lekin shu energiya o'zgaruvchan bo'lsa, nima sababga ko'ra u ortadi, yoki nima sababdan u kamayadi. Quyida shu masala batafsil ko'rib o'tiladi.

Bayoni:

Massasi $m-$ ga teng bo'lgan M moddiy nuqta, unga qo'yilgan kuchlar tasirida M_0 holatdan M_1 holatga ko'chib, o'zining tezligini V_0 dan $V_1 -$ga o'zgartirsin. Natijada, shu moddiy nuqtaning kinetik energiyasi

$$T_0 = \frac{1}{2} m V_0^2 \quad \text{dan} \quad T_1 = \frac{1}{2} m V_1^2 \quad \text{ga o'zgaradi.}$$

Endi ushbu o'zgarish, musbat bo'lsa, nima hisobiga ortdi, agar manfiy bo'lsa shu yo'qolgan energiya nimaga sarflanganligini aniqlaylik. Buning uchun kinetik energiya formulasini differentsiallaylik, ya`ni

$$dT = d(\frac{1}{2} m \vec{V}^2) = m\vec{V} \cdot d\vec{V} = m\frac{d\vec{r}}{dt} \cdot d\vec{V} = m\frac{d\vec{V}}{dt} \cdot d\vec{r} = m\vec{a} \cdot d\vec{r}$$

Dinamikaning asosiy qonuniga asosan $\mathrm{m}\vec{\mathrm{a}} = \sum \vec{\mathrm{F}}_{\mathrm{k}}$, buni yuqoriga qo'ysak

$$dT = \sum \vec{F}_k \cdot d\vec{r}_k \tag{3.110}$$

Tenglamaning o'ng tomonidagi qiymat, moddiy nuqtaga ta`sir etuvchi kuchlarning elementar ko'chishdagi bajargan ishlarining yig'indisi. Demak, moddiy nuqta kinetik energiyasining differentsiali, shu nuqtaga ta`sir etuvchi kuchlarning elementar ko'chishdagi bajargan ishlarning yig'indisiga teng ekan.

Ushbu tenglama, moddiy nuqta kinetik energiyasi o'zgarishi haqidagi teoremasining differentsial formasi deyiladi. Tugal ko'chishdagi, ya`ni boshqacha qilib aytganda moddiy nuqtaning bir M_0 holatdan, yangi M_1 holatga ko'chishida, mabodo uning kinetik energiyasi o'zgarsa, uni quyidagicha aniqlaymiz. Buning uchun (3.110) tenglamani ikkala tomonini integrallaymiz.

$$\int_{T_0}^{T} dT = \sum \int_{M_0}^{M_1} \vec{F}_k \cdot d\vec{r}_k \tag{3.111}$$

bundan $T_1 - T_o = A,$ ya`ni, moddiy nuqtaning ma`lum masofaga ko'chishida uning kinetik energiyasining o'zgarishi, shu nuqtaga ta`sir etayotgan kuchlarning bajargan ishlarining yig'indisiga teng ekan.

Agar nuqtaga ta`sir etuvchi kuchlar doimiy yoki vaqtga bog'liq ravishda o'zgarsa, u holda ularning kuch impulslarni hisoblaymiz. Shundan keyin, moddiy nuqta *harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema* dan foydalanib tenglama tuzamiz.

Agar nuqtaga ta`sir etuvchi kuchlar doimiy yoki nuqtaning koordinatalariga yoki bosib o'tilgan yulga bog'liq holda berilsa, u holda shu kuchlarning bajargan ishlarining yig'indilarini aniqlaymiz va nuqtaning *kinetik energiyasining o'zgarishi haqidagi teorema* dan foydalanib tegishli tenglama tuzamiz.

Tenglama tuzilgandan keyin, u orqali tegishli nomalumlarni aniqlaymiz, lekin ko'p hollarda asosan nuqtaning ma`lum vaqt, yoki ma`lum masofani bosib o'tgandagi tezligini aniqlash so'raladi.

Ana shu teoremalar orqali nuqtaning tezligini aniqlanishini, nuqta harakatining *birinchi integrali* aniqlandi, deyiladi. Nuqta tezligining qonuniyati aniqlansa, uni yana bir marta integrallab, shu nuqtaning unga ta`sir etuvchi kuchlarga bog'lik harakatidagi qonuniyati yoki boshqacha qilib aytganda *ikkinchi integrali* aniqlanadi. Shu bilan masala to'liq yechilgan hisoblanadi.

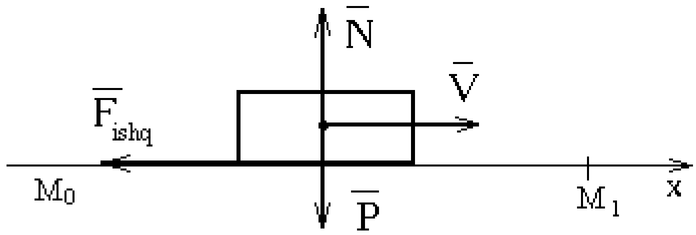
Endi agar, nuqtaga ta`sir etuvchi kuchlar sistemasi har xil funktsiyalardan iborat bo'lsa, yani bitta kuch doimiy, ikkinchisi vaqtga bog'lik, uchinchisi uning koordinatasiga, yoki uning tezligiga bog'lik ravishda o'zgarsa, u holda yuqoridagi teoremalardan foydalanish mumkin emas.

Bunday holda masalani yechish uchun dinamikaning asosiy qonuniga asosan, yani (3.1) formulaga asosan *differentsial tenglama* tuzib, so'ngra uni yechib, shu nuqta harakatining *tezlik qonuni*yati, undan keyin esa yana bir marta integrallash orqali uning h*arakat qonuniyati* aniqlanadi.

Masala: Massasi *m* - ga teng bo'lgan va gorizontal tekislikda yotgan jismga turtki berildi, shuning natijasida, u V_0 - tezlik olib harakat boshladi. Agar jism bilan tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsienti *f* - ga teng bo’lsa, jism necha sekunddan keyin to’xtaydi va to’xtaguncha qancha masofani bosib o’tishi aniqlansin.

Masalani shartidan ko’rinib turibdiki, vaqtni aniqlash uchun harakat miqdorini o’zgarishi haqidagi teoremadan foydalanish kerak, yo’lni aniqlash uchun esa kinetik energiyani o’zgarishi haqidagi teoremasidan foydalanish zarur.

Echish: Jismning harakatdagi shaklini chizamiz, nuqta M_0 holatdan M_1 holatgacha harakatlanib to’xtaydi. Jismga bir vaqtda uchta kuch ta`sir etmoqda, og’irlik kuchi P_1, normal bosim N_1, va ishkalanish kuchi F Shaklda ko’rsatilgandek $O\,x$ o’qini harakat tomonga yo’naltiramiz.



Harakat faqat bitta o’q bo’ylab bo’layotgani uchun, harakat miqdori o’zgarish teoremasining shu o’qdagi proektsiyasini yozaylik.

$$mV_{1x} - mV_{0x} = \sum S_x \tag{a}$$

Jism to’xtaganda $V_{1x} = O$ bo’ladi, va $V_{ox} = V_o$ ga teng. Jismga ta`sir etuvchi kuchlardan faqat ishqalanish kuchigina $O\,x$ o’qiga proektsiya beradi xolos, va u tezlik yo’nalishiga teskari yo’naladi. Kulon qonuniga asosan $F_{ишк} = f\,N,$ bu yerda *N*-normal bosim, uni aniqlash uchun, hamma kuchlarni $O\,y$ o’qiga proektsiyalab, uni nol ga tenglaymiz, chunki $O\,y$ o’qi bo’ylab, hech qanday harakat yo’q, ya`ni $V_y = O$ demak $\sum F_k = 0$ $\quad N - P = 0$ bundan $N = P$ va $F_{ishq} = f\,P = fmg$ ga quysak

Jism to’xtagandagi tezligi $V_1 = O$ bo’lgani uchun,

$$-\frac{mv_0^2}{2} = A$$

S - masofani bosib qtishda, *N* va *R* kuchlar ish bajarishmaydi, chunki ular harakat yo’nalishiga perpendikulyar ravishda yo’nalishgan, shuning uchun faqat ishqalanish kuchi ish bajaradi xolos, shunga ko’ra $A = -F_{ишк}S,\ ёки\ A = -fmg\,S,$ chunki $F_{ишк} = fmg$ shuning uchun,

$$-\frac{mv_0^2}{2} = -fmgS$$

hosil bo’lgan tenglamani S ga nisbatan yechsak, $S=\frac{v_0^2}{2fg}$ - ya`ni, jismning to’xtaguncha bosib o’tgan yo’lini aniqlaymiz. Ko’rinib turibdiki jism to’xtaguncha o’tadigan vaqt, boshlang’ich tezlik $V_o$, va ishqalanish koeffitsienti $-f$ ga chiziqli ravishda bog’lik ekan, ya`ni ular birinchi darajada ishtirok etmoqdalar, yoki jism to’xtaguncha bosib o’tilgan yo’l tezlikning kvadratiga bog’lik holda o’zgarar ekan.

13-amaliy mashg’ulot

Mavzu: Tekis shaklning harakat tenglamalari. Kuchning tugal ko’chishdagi to’liq bajarilgan ishni hisoblash.

Moddiy nuqtaning malum tugal ko’chishdagi, ya`ni traektoriya bo’ylab $M_0$ holatdan $M_1$ holatga ko’chishdagi harakatida, unga ta`sir etuvchi *kuchlarning bajargan ishlari*ning yig’indisi quyidagicha aniqlanadi,

$$A=\int_{M_0}^{M_1}(F_x dx+F_y dy+F_z dz) \qquad (3.103)$$

yoki

$$A=\int_{M_0}^{M_1}F_\tau\cdot ds \qquad (3.103\ a)$$

ga teng bo’ladi. Ishning o’lchov birligi qilib halqaro $C\,И$ sistemasida Djoul qabul qilingan $(1Д\,ж.=1Н\,м)$. Yuqoridagi formulalar orqali moddiy nuqtaga ta`sir etuvchi kuchlar o’zgarmas yoki nuqtaning koordinatalariga bog’liq bo’lgandagina ularni integrallab, ularning bajargan ishlarini topishimiz mumkin.

Agar kuchlar o’zgaruvchan bo’lsalaru, lekin vaqtning yoki nuqta tezligining funktsiyasiga bog’liq bo’lsalar, bu formulalar orqali shu kuchlarning bajargan ishlarini aniqlash mumkin emas.

Ayrim kuchlarning bajargan ishlarini xisoblash.

A) Og’irlik kuchining bajargan ishini hisoblash.

Massasi m - ga teng bo’lgan moddiy nuqta og’irlik kuchi ta`sirida M_0 holatdan M_1 holatga ixtiyoriy traektoriya bo’ylab ko’chdi, deb faraz qilaylik. Shu moddiy nuqtaning *og’irlik kuchini bajargan ishi*ni aniqlash zarur bo’lsin. Og’irlik kuchining koordinata o’qlaridagi proektsiyalari $F_k = F_v = 0,$ hamda $F_s = -mg$ bo’lgani uchun ularni (1) formulaga qo’yib, integrallasak

$$A = \int_{z_0}^{z_1} (-mg)dz = -mg\int_{z_0}^{z_1} dz = mg(z_0 - z_1)$$

Agar nuqtaning M_0 holatdagi balandligi, uning M_1 holatdagi balandligidan katta bo’lsa, ish musbat bo’ladi, aks xolda u manfiy ish bajaradi. $Z_o - Z_1 = h$ ga teng bo’lib, h-nuqtaning vertikal bo’yicha ko’chishi, shunga ko’ra,

$$A(mg) = m\,g\,h \qquad (3.104)$$

Demak moddiy nuqtaning ixtiyoriy traektoriya bo’ylab qilgan harakatida, uning og’irlik kuchini bajargan ishi, faqat og’irlik kuchining modulini shu balandliklarning farqiga ko’paytmasiga teng ekan xolos, ya`ni traektoriyaga bog’liq emas ekan, bu yerda $Z_0 -$ nuqtaning harakat boshlangandagi balandligi, $Z_1 -$ nuqtaning harakat oxiridagi balandligi.

Xulosa. Og’irlik kuchining bajargan ishi faqat balandliklarning farqiga bog’lik ekan xolos, ya`ni koordinatalarning funktsiyasi ekan, bunday kuchlar <u>*potentsial kuchlar*</u> deyiladi.

14-amaliy mashg’ulot

<u>Mavzu: Tekis parallell harakatdagi jism nuqtalarining tezlanishi. Kuchning tugal ko’chishdagi to’liq bajarilgan ishni hisoblash.</u>

Moddiy nuqtaning malum tugal ko’chishdagi, ya`ni traektoriya bo’ylab $M_0$ holatdan $M_1$ holatga ko’chishdagi harakatida, unga ta`sir etuvchi <u>*kuchlarning bajargan ishlari*</u>ning yig’indisi quyidagicha aniqlanadi,

$$A = \int_{M_0}^{M_1} (F_x dx + F_y dy + F_z dz) \qquad (3.103)$$

yoki

$$\mathrm{A} = \int_{\mathrm{M}_0}^{\mathrm{M}_1} \mathrm{F}_\tau \cdot \mathrm{ds} \qquad (3.103\ a)$$

ga teng bo’ladi. Ishning o’lchov birligi qilib halqaro $СИ$ sistemasida Djoul qabul qilingan $(1Дж. = 1Н\,м)$. Yuqoridagi formulalar orqali moddiy nuqtaga ta`sir etuvchi kuchlar o’zgarmas yoki nuqtaning koordinatalariga bog’liq bo’lgandagina ularni integrallab, ularning bajargan ishlarini topishimiz mumkin.

Agar kuchlar o’zgaruvchan bo’lsalaru, lekin vaqtning yoki nuqta tezligining funktsiyasiga bog’liq bo’lsalar, bu formulalar orqali shu kuchlarning bajargan ishlarini aniqlash mumkin emas.

Ayrim kuchlarning bajargan ishlarini xisoblash.

A) Og’irlik kuchining bajargan ishini hisoblash.

Massasi m - ga teng bo’lgan moddiy nuqta og’irlik kuchi ta`sirida M_0 holatdan M_1 holatga ixtiyoriy traektoriya bo’ylab ko’chdi, deb faraz qilaylik. Shu moddiy nuqtaning *og’irlik kuchini bajargan ishi*ni aniqlash zarur bo’lsin. Og’irlik kuchining koordinata o’qlaridagi proektsiyalari $F_k = F_v = 0,$ hamda $F_s = -mg$ bo’lgani uchun ularni (1) formulaga qo’yib, integrallasak

$$A = \int_{z_0}^{z_1} (-mg)dz = -mg\int_{z_0}^{z_1} dz = mg(z_0 - z_1)$$

Agar nuqtaning M_0 holatdagi balandligi, uning M_1 holatdagi balandligidan katta bo’lsa, ish musbat bo’ladi, aks xolda u manfiy ish bajaradi. $Z_o - Z_1 = h$ ga teng bo’lib, h-nuqtaning vertikal bo’yicha ko’chishi, shunga ko’ra,

$$A(mg) = m\,g\,h \qquad (3.104)$$

Demak moddiy nuqtaning ixtiyoriy traektoriya bo’ylab qilgan harakatida, uning og’irlik kuchini bajargan ishi, faqat og’irlik kuchining modulini shu balandliklarning farqiga ko’paytmasiga teng ekan xolos, ya`ni traektoriyaga bog’liq emas ekan, bu yerda $Z_0 -$ nuqtaning harakat boshlangandagi balandligi, $Z_1 -$ nuqtaning harakat oxiridagi balandligi.

Xulosa. Og’irlik kuchining bajargan ishi faqat balandliklarning farqiga bog’lik ekan xolos, ya`ni koordinatalarning funktsiyasi ekan, bunday kuchlar *potentsial kuchlar* deyiladi.

15-amaliy mashg’ulot

Mavzu: Nuqtaning harakat tenglamalari. Elastiklik kuchlarning bajargan ishi.

Faraz qilaylik, massasi m-ga teng bo’lgan moddiy nuqta qattiqligi $C-$ ga teng bo’lgan prujinaga mahkamlangan bo’lsin. Prujinaning bir uchi A nuqtaga mahkamlangan bo’lib, prujinaning normal holatdagi uzunligi $AO = L_0$ ga teng bo’lsin.

Endi, agar shu prujinani $d\,x-$ uzunlikka uzaytirsak, prujinada shu uzayishga proportsional bo'lgan elastiklik kuch paydo bo'ladi, va shu kuch prujinani muvozanat holatiga qaytarishga harakat qiladi.

Moddiy nuqtaning muvozanat holatini O nuqta bilan belgilab, uni koordinata boshi qilib tanlab olamiz. Guk qonuniga asosan elastiklik kuchining qiymati, prujinaning uzayishiga va uning qattiqlik koeffitsienti $C-$ ga ko'paytmasiga teng, ya`ni $F=-F_k=-C_x$ bo'lgani uchun bularni (3.103) ga qo'ysak,

$$A=\int_{M_0}^{M_1}(-Cx)dx=-C\int_{x_0}^{x_1}xdx=\frac{C}{2}(x_0^2-x_1^2) \qquad (3.105)$$

Demak, *elastiklik kuchining bajargan ishi*, boshlangich va oxirgi uzunliklar kvadratlari ayirmasining prujinani qattiqligiga ko'paytmasining yarmiga teng ekan.

Agar moddiy nuqta o'zining harakatida, muvozanat holatdan uzoqlashsa elastiklik kuchi manfiy ish bajaradi, agar u muvozanat holatga qarab harakatlansa musbat ish bajaradi.

Prujina bitta o'q bo'ylab emas, balki tekislikda, yoki fazoda joylashgan bo'lishi mumkin, u holda elastiklik kuchining bajargan ishi quyidagi formuladan aniqlanadi,

$$A=-\frac{C}{2}(r_0^2-r_1^2) \qquad (3.106)$$

Shunga ko'ra, elastiklik kuchi ham *potentsial kuchlar* guruhiga kiradi.

S) Ishqalanish kuchining bajargan ishi.

Massasi m - bo'lgan moddiy nuqta g'adir-budir tekislikda, yoki chiziqda harakatlanayotgan bo'lsin. U holda Kulon qonuniga asosan, ishqalanish kuchi paydo bo'ladi, va uning yunalishi har doim tezlik vektoriga qarama-qarshi bo'ladi, ya`ni *ishqalanish kuchining bajargan ishi*

$$A=-\int_{m_0}^{m_1}F\cdot ds=-\int_{s_0}^{s_1}f\cdot N\cdot ds=-fN(s_1-s_0) \qquad (3.107)$$

bu yerda *f* - ishqalanish koeffitsienti.

Ishqalanish kuchi har doim manfiy ish bajaradi, va u nuqtaning koordinatasiga bog'liq bo'lmagan holda o'zgaradi, shuning uchun u potentsial kuchlar guruhiga kirmaydi.

NAZARIY MEXANIKA FANIDAN MUSTAQIL TA’LIM MASHG’ULOTLARI

№	Mavzu nomi	TMI shakli	Hajmi (soatda)
1	Bog’lanish va bog’lanish reaktsiyasi. Kuchning o’qqa nisbatan momenti shu o’qdagi nuqtaga nisbatan momenti orasidagi munosabat. Kuchning koordinata o’qlariga nisbatan momentlari.	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
2	Fazoda ixtiyoriy vaziyatda joylashgan juft kuchlarni qo’shish. Juft kuchlarning sistemasining muvozanati. Varin’on teoremasi.	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	6
3	Tugunlarni kesish usuli. Fermalarni kesish usuli	Adabiyotlardan konspekt qilish. Masalalar yechish. Mustaqil topshiriqlarni bajarish.	4
4	Xususiy xollarda kuchlar sistemasining muvozanat tenglamalari.	Adabiyotlrdan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
5	Dumalanishdagi ishqalanish.	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
6	Harakati tabiiy usulida berilgan nuqtaning tezligi.	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
7	Nuqta tezlanishlarini aniqlashga oid masalalar.	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
8	Qattiq jism aylanma harikatining hususiy xoli.	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
9	Tezlanishlarning oniy markazi.	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
10	Qo’zg’almas nuqta atrofida aylanuvchi jism nuqtasining tezligi va tezlanishi.	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
11	Koriolis tezlanishi	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
12	Moddiy nuqtaning nisbiy harakati dinamikasi. Jismlarning muvozanati va harakatiga yer aylanishining ta’siri.	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	6
13	Giraskopning elementar nazariyasi	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
14	Qo’zgalmas o’q atrofida aylanuvchi jisim massalarini dinamik muvozanatlash.	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
	Jami		**60**

GLOSSARIY

1 – aksioma	Absolyut qattiq jismga qo'yilgan ikkita kuch muvozanatlashishi uchun bu kuchlar miqdor jihatdan teng, yo'nalishi esa kuchlar qo'yilgan nuqtalardan o'tuvchi to'g`ri chiziq bo'yicha qarama – qarshi tomonga yo'nalgan bo'lishi zarur va etarlidir.
2 – aksioma	Berilgan kuchlar sistemasining absolyut qattiq jismga ta`sirini o'zgartirmay, bu kuchlar sistemasi qatoriga muvozanatlashgan kuchlar sistemasini qo'shish yoki undan ayirish mumkin.
3 – aksioma. (parallelogramm aksiomasi).	Jismning biror nuqtasiga qo'yilgan, bir to'g`ri chiziqda yotmagan ikki kuchning teng ta`sir etuvchisi miqdor va yo'nalishi jihatidan shu kuchlarga qurilgan parallelogrammning kuchlar qo'yilgan nuqtadan o'tuvchi diagonali bilan ifodalanadi.
4 – aksioma. (Nyutonning uchinchi qonuni)	Ikkita jism bir- biriga miqdor jihatdan teng va bir to'g`ri chiziq bo'ylab qarama –qarshi tomonga yo'nalgan kuchlar bilan o'zaro ta`sir etadi.
5 – aksioma. (Qotish printsipi)	Agar deformatsiyalanadigan jism muvozanat holatida absolyut qattiq jismga aylansa, uning muvozanati o'zgarmaydi.
6 – aksioma. (Bog`lanishdan bo'shatish printsipi)	Bog`lanishlarning berilgan jismga ta`sirini reaktsiya kuchi bilan almashtiri, har qanday bog`lanishdagi jismni erkin jism deb qarash mumkin.
Absolyut qattiq jism	Kuch ta`siridagi jismning ixtiyoriy ikki nuqtasi orasidagi masofa doimo o'zgarmasdan qolishi.
Bir tomonga	Bir tomonga yo'nalgan ikki parallel kuchning teng ta`sir

yo’nalgan ikki parallel kuchning teng ta`sir etuvchisi	etuvchisi shu kuchlarning algebraik yig`indisiga teng va shu kuchlar bilan bir tomonga yo’naladi. Teng ta`sir etuvchining ta`sir chizig`i esa kuchlar qo’yilgan nuqtalar orasidagi masofani ichki raqishda shu kuchlarga teskari proportsionalbo’laklarga bo’ladi. $\frac{F_1}{CB}=\frac{F_2}{AC}=\frac{R}{AB}$
Bog`lanish	Berilgan jismning ko’chishini cheklovchi jism.
Bog`lanish reaktsiya kuchi	Bog`lanishning jismga ko’rsatadigan ta`siri.
Bog`lanishdagi jism	Berilgan jismning ko’chishi boshqa jismlar bilan cheklanganligi.
Bosh moment	Tekislikdagi kuchlar sitemasining biror markazga nisbatan bosh momenti tashkil etuvchi kuchlarning shu markazga nisbatan momentlarining algebraik yig`indisiga teng kattalik bosh moment deyiladi. $M_0=\sum M_0(\vec{F}_k)$
Bosh vektor	Bosh vektor berilgan kuchlarning geometrik yig`indisiga teng bo’lib, keltirish markaziga bog`liq bo’lmaydi. Keltirish markazini o’zgartirish natijasida kuch elkasi, demak bosh moment o’zgaradi.
Dinamika	moddiy jismlarning harakati shu harakatni vujudga keltiruvchi kuch va massaga bog`lab turib tekshiradi.
Erkin jism	Harakati bog`lanishlar bilan cheklanmagan jism
Juft kuch momenti	Juft kuch momenti deb, mos ishora bilan olingan juftkuch tashkil etuvchi kuchlardan biriningmiqdorini juft kuch elkasining uzunligiga ko’paytmasiga teng kattalikka aytiladi. Juft kuch momenti M bilan belgilanadi $M=\pm F_1 d=\pm F_2 d$

Kesishuvchi kuchlar sistemasi	Kesishuvchi kuchlar sistemasi ta`siridagi erkin jism muvozanatda bo'lishi uchun mazkur sistemani tashkil etuvchi kuchlarning geometrik yig`indisiga teng bo'lishi zarur va etarlidir.
Kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lishi	Kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lishi uchun bu kuchlarga qurilgan kuchlar ko'pburchagi yopiq bo'lishi zarur va etarli
Kinematika	jismlarning harakatini ularning massasi va ularga ta`sir etuvchi kuchlarga bog`lamay, faqat geometrik nuqtai nazardan tekshiradi.
Kuch	Jismlarning bir – birlariga ko'rsatadigan o'zaro ta`sirlarining miqdor o'lchovi.
Kuch elkasi	Moment markazidan kuchning ta`sir chizig`iga tushirilgan perpendikulyar kesma *kuch elkasi* deyiladi
Kuch qo'yilgan nuqta	Jismning bevosita kuch ta`sir etadigan nuqtasi.
Kuchning nuqtaga nisbatan momenti	*Kuchning nuqtaga nisbatan momenti* deb, mos ishora bilan olingan kuch modulini kuch elkasiga ko'paytmasiga teng kattalikka aytiladi.
Lemma	Jismning biror nuqtasiga qo'yilgan kuch, jismda olinganixtiyoriy keltirish markaziga qo'yilgan xuddi shunday kuchga va momenti berilgan kuchning keltirish markaziga nisbatan momentiga teng juftga ekvivalent bo'ladi. Markazga qo'yilgan kuchlarni geometrik qo'shib, kuchlar sistemasining bosh vektori deb ataladigan bitta kuchni $\vec{R}' = \sum \vec{F}_k$
Miqdorlari teng	Miqdorlari teng bo'lmagan va bir- biriga teskari yo'nalgan

bo'lmagan va bir-biriga teskari yo'nalgan ikkita parallel kuchlarning teng ta`sir etuvchisi	ikkita parallel kuchlarning teng ta`sir etuvchisi miqdor jihatidan ularning ayrimasiga teng.Teng ta`sir etuvchining ta`sir chizig`i esa AV kesmaning katta kuch qo'yilgan daqomida yotib, shu kesmani tashqi ravishda mazkur kuchlarga teskari proportsional bo'laklarga bo'ladi. $\frac{F_1}{F_2}=\frac{BC}{AC}$
Moddiy nuqta	Harakati yoki muvozanatini tekshirishda o'lchamlari va shaklining ahamiyati bo'lmagan, massasi bir nuqtada joylashgan deb tasavvur qilinadigan jism.
Moment markazi	Qaysi nuqtaga nisbatan moment olinadigan bo'lsa, shu nuqta *moment markazi* deyiladi
Momenti musbat, manfiy	Agar kuch jismni moment markazi atrofida soat mili aylanadigan tomonga *teskari* yo'nalishda aylantirishga intilsa, odatda, kuch momenti *musbat,* aks holda – *manfiy* deb hisoblanadi
Muvozanat	Jismning ma`lum jismga qo'zg`almas ravishda mahkamlangan koordinatalar sistemasiga nisbatan tinch vaziyati.
Nazariy mexanika	moddiy jismlarning bir- biriga ko'rsatadigan ta`siri va mexanik harakatning umumiy qonunlari haqidagi fandir.
parallel kuchlar sistemasi	Ta`sir chiziqlari o'zaro parallel bo'lgan kuchlar sistemasiga *parallel kuchlar sistemasi* deyiladi
Statik aniq masala, statik noaniq masala	Berilgan masalada noma`lumlar soni muvozanat tenglamalari soniga tengbo'lsa, bunday masalaga *statik aniq* masala, aksincha noma`lumlar soni muvozanat tenglamalari sonidan ortiq bo'lsa, *statik noaniq* masala deyiladi.
Statika	moddiy jismlarning muvozanati, ularga qo'yilgan

	kuchlarni qo’shish,ayirish va kuchlarni ta`sir jihatdan teng bo’lgan ekvivalent kuchlar sistemasi bilanalmashtirish masalalari tekshiradi.
Tekislikda yotuvchi kuchlar sistemasi muvozanatda bo’lishi uchun	Tekislikda yotuvchi kuchlar sistemasi muvozanatda bo’lishi uchun barcha kuchlarning shu tekislikdagi bir to’g`ri chiziqda yotmaydigan uchta nuqtaning har biriga nisbatan momentlarining yig`indisi alohida – alohida nolga teng bo’lishi zarur va etarlidir.
Tekislikdagi kuchlar sistemasi muvozanatda bo’lishi	Tekislikdagi kuchlar sistemasi muvozanatda bo’lishi uchun kuchlarning shu tekislikda yotuvchi ikkita koordinata o’qlariga proetsiyalarining yig`indilari alohida – alohida nolga teng va shu tekislikdagi ixtiyoriy nuqtaga nisbatan momentlarining yig`indisiga teng bo’lishi zarur va etarlidir
Tekislikdagi kuchlar sitemasi	Juft kuch jismni soat mili aylanishiga *teskari* tomon aylantirishga intilsa, uning momenti *musbat,* soat milining aylanishi *bo’yicha* aylanishi bo’yicha ayluntirishga intilsa, *manfiy* ishora bilan olinadi Agar jismga ta`sir etuvchi kuchlar bir tekislikda yotsa,unga tekislikdagi kuchlar sitemasi deyiladi.
Varinon teoremasi	Varinon teoremasi. Tekislikdagi kuchlar sistemasi teng ta`sir etuvchisining shu tekislikdagi ixtiyoriy nuqtaga nisbatan momenti, tashkil etuvchi kuchlardan mazkur nuqtaga nisbatan olingan momentlarining algebraik yig`indisiga teng, ya`ni $M_0(\vec{R}) = \sum M_0(\vec{F}_k)$

O’ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O’RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI

NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI
HAYOT FAOLIYATI XAVFSIZLIGI KAFEDRASI

«TASDIQLAYMAN»
O’quv ishlari bo’yicha prorektor.
_____________ D.Xolmatov
«___» ______________2021 yil

NAZARIY MEXANIKA
fanining

ISHCHI O’QUV DASTURI

2021/2022 o’quv yili kunduzgi ta’lim shakli, 2-kurslari uchun

Bilim sohasi:	600000 - Xizmatlar
Ta’lim sohasi:	640000 – Hayotiy faoliyat xavfsizligi
Ta’lim yo’nalishi:	5640100 – Hayotiy faoliyat xavfsizligi

NAMANGAN – 2021

Fanning ishchi o'quv dasturi O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirining 20__ yil __________dagi __-sonli buyrug'i bilan tasdiqlangan namunaviy fan dasturi asosida tuzilgan.

Tuzuvchi: **Fizika kafedrasi o'qituvchisi A.Nabiyev**

Fanning ishchi o'quv dasturi Hayot faoliyati xavfsizligi kafedrasining 2021-yil __- avgustdagi __–sonli yig'ilishida muhokamadan o'tgan va fakultet kengashida ko'rib chiqish uchun tavsiya etilgan.

Kafedra mudiri: **A.Nabiyev**

Ishchi o'quv dastur San'atshunoslik fakultetining 2021 yil __-avgustdagi __-sonli Kengashida ko'rib chiqilgan va foydalanishga tavsiya etilgan.

Fakultet Kengashi raisi: **O'. Abdullaev**

Kelishildi:

O'quv- uslubiy boshqarma boshlig'i : **X.Mirzaxmedov**

Fan/modul kodi NMEX2304	**O‘quv yili** 2021-2022	**Semestr** 3	**ECTS - Kreditlar** 4
Fan/modul turi Umumkasbiy fanlar	**Ta’lim tili** O‘zbek		**Haftadagi dars soatlari** 4
Fanning nomi	**Auditoriya mashgulotlari (soat)**	**Mustaqil ta’lim (soat)**	**Jami yuklama (soat)**
Nazariy mexanika	60	60	120

Fanining mazmuni

Fanni o’qitishdan maqsad – talabalarda nazariy mexanika fanining statika, kinematika, dinamika bo’limlari va ularga mos turli masalalarning yechimlariga oid bilim, ko’nikma va malaka shakillantirishdir.

Fanning vazifasi – statikaning asosiy aksiomalari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi, kuch momenti, juft kuchlar nazariyasi, fazoda ixtiyoriy joylashgan kuch sistemasi ishqalanish, nuqta kinematikasi, qattiq jismning tekis parallel harakati, nuqtaning murakkab harakati, qattiq jismninng murakkab harakati. Dinamikanining asosiy qonunlari, moddiy nuqtaning differentsial tenglamalari va ularni yechimi, moddiy nuqtaninng nisbiy harakati dinamikasi, mexanik sistema dinamikasi, massalar geometriyasi, dinamikaning umumiy teoremalari, Dalamber printsipi, zarba nazariyasi xaqida talabalarga bilim berishdir.

Umumiy va o’quv ishlari turlari bo’yicha hajmi

Fanga umumiy 120 soat ajratilgan bo’lib, shundan auditoriya mashg’ulotlari 60 soat bo’lib, semestr davomida haftasiga 4 soatdan o’tiladi.

Semestr(lar) bo’yicha mashg’ulot turlariga ajratilgan soatning taqsimoti.

Semestrlar	Yuklama	Auditoriya mashg’ulotlari				Mustaqil ish
		Jami	Ma’ruza	Amaliy mashg’ulot	Seminar mashg’uloti	
3	120	60	30	30	-	60
Jami	**120**	**60**	**30**	**30**	**-**	**60**

Ma’ruza mashg’ulotlari mazmuni va unga ajratilgan soatlar.

№	Ma`ruzalar nomi	Qisqacha mazmuni	Soati
1.	Kirish. Nazariy mexanika fanining qisqacha tarixi. Fanning mazmuni va maqsadi. Nazariy mexanika fanining matematika, fizika va umumtexnika fanlari bilan bog’liqligi. Statika. Qattiq jism statikasi. Asosiy tushunchalar va ta’riflar. Statikaninng asosiy aksiomalari. Bog’lanish va bog’lanish reaktsiyalari. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlarni geometrik usulida qo’shish. Kuchning o’qidagi proektsiyasi. Teng ta’sir etuvchini analitik usulda aniqlash. Bir nuqtada kuchlarning muvozanati.	Kirish. Nazariy mexanika fanining qisqacha tarixi. Fanning mazmuni va maqsadi. Nazariy mexanika fanining matematika, fizika va umumtexnika fanlari bilan bog’liqligi. Statika. Qattiq jism statikasi. Asosiy tushunchalar va ta’riflar. Statikaninng asosiy aksiomalari. Bog’lanish va bog’lanish reaktsiyalari. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlarni geometrik usulida qo’shish. Kuchning o’qidagi proektsiyasi. Teng ta’sir etuvchini analitik usulda aniqlash. Bir nuqtada kuchlarning muvozanati.	2
2	Uch kuch muvozanatiga oid teorema. Parallel kuchlar sistemasi. Parallel kuchlarini qo’shish va tashkil etuvchilarga ajratish. Kuchning nuqtaga nisbatan momenti. Kuchning nuqtaga nisbatan moment vektori. Kuchning o’qqa nisbatan momenti. Kuchning o’qqa nisbatan momenti bilan shu o’qdagi nuqtaga nisbatan momenti orasidagi munosabati.	Uch kuch muvozanatiga oid teorema. Parallel kuchlar sistemasi. Parallel kuchlarini qo’shish va tashkil etuvchilarga ajratish. Kuchning nuqtaga nisbatan momenti. Kuchning nuqtaga nisbatan moment vektori. Kuchning o’qqa nisbatan momenti. Kuchning o’qqa nisbatan momenti bilan shu o’qdagi nuqtaga nisbatan momenti orasidagi munosabati.	2
3	Juft kuchlar nazariyasi. Juft kuch va juft kuchninig momenti. Ekvivalent juft kuchlar xaqidagi teoremalar. Juf kuchlar momentiga oid teorema. Bir tekislikda va parallel tekislikda yotuvchi juft kuchlar ni qo’shish. Fazoda ixtiyoriy vaziyatda joylashgan juft kuchlarni qo’shish. Juft kuchlar sistemasining muvozanati.	Juft kuchlar nazariyasi. Juft kuch va juft kuchninig momenti. Ekvivalent juft kuchlar xaqidagi teoremalar. Juf kuchlar momentiga oid teorema. Bir tekislikda va parallel tekislikda yotuvchi juft kuchlar ni qo’shish. Fazoda ixtiyoriy vaziyatda joylashgan juft kuchlarni qo’shish. Juft kuchlar sistemasining muvozanati.	2
4	Tekislikda kuchlar sistemasi. Kuchning berilagan nuqtaga keltirish. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini bir nuqtaga ketirish. Bosh vektor va bosh moment. Tekislikdagi kuchlarni bir markazga keltirish. Varin’on teoremasi. Tekislikdagi kuchlar sistemasini bitta juft kuch yoki teng ta’sir etuvchi xolatga keltirish. Tekislikdagi kuchlarinng muvozanat shartlari.	Tekislikda kuchlar sistemasi. Kuchning berilagan nuqtaga keltirish. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini bir nuqtaga ketirish. Bosh vektor va bosh moment. Tekislikdagi kuchlarni bir markazga keltirish. Varin’on teoremasi. Tekislikdagi kuchlar sistemasini bitta juft kuch yoki teng ta’sir etuvchi xolatga keltirish. Tekislikdagi kuchlarinng muvozanat shartlari.	2
5	Ferma xaqidagi tushunchalar. Fermalar to’g’risidagi oddiy tushunchalar. Fermalar xisoblash masalasi. Tugunlarni kesish usuli. Fermalarni kesish usuli. (Ritter usuli).	Ferma xaqidagi tushunchalar. Fermalar to’g’risidagi oddiy tushunchalar. Fermalar xisoblash masalasi. Tugunlarni kesish usuli. Fermalarni kesish usuli. (Ritter usuli).	2
6	Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar	Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar	2

	sistemasi. Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar bir nuqtaga keltirish fazodagi kuchlar sistemasini kuchga yoki teng ta’sir etuvchiga keltirish. Teng ta’sir etuvchining momenti xaqidagi Varin’on teoremasi. Fazodagi kuchlar sistemasi muvozanatining analitik shartlari. Fazodagi kuchlar sistemasi muvozanatini shartlarning vektorlar ifodalari. Xususiy xolatlarda kuchlar sistemasining muvozanat tenglamalari	sistemasi. Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar bir nuqtaga keltirish fazodagi kuchlar sistemasini kuchga yoki teng ta’sir etuvchiga keltirish. Teng ta’sir etuvchining momenti xaqidagi Varin’on teoremasi. Fazodagi kuchlar sistemasi muvozanatining analitik shartlari. Fazodagi kuchlar sistemasi muvozanatini shartlarning vektorlar ifodalari. Xususiy xolatlarda kuchlar sistemasining muvozanat tenglamalari	
7	Ishqalanish. Ishqalanish turlari. Sirpanishdagi ishqalanish qonunlari. Ishqalanish burchagi. Ishqalanish qonuni. Dumalashdagi ishqalanish.	Ishqalanish. Ishqalanish turlari. Sirpanishdagi ishqalanish qonunlari. Ishqalanish burchagi. Ishqalanish qonuni. Dumalashdagi ishqalanish.	2
8	Parallel kuchlar markazi va og’rlik markazi. Bir tomongat yo’nalgan ikkita parallel kuchning qo’shish. Parallel kuchlar markazi. Qattiq jismni og’irlik markazi koordinatalarining umumiy formulalari. Jismlarning og’irlik markazini aniqlash usullari. Parallel kuchlar markazi. Qattiq jismning og’irlik markazi koordinatalarining umumiy formulalari. Jismlarning og’irlik markazini aniqlash usullari. Oddiy shaklli ba’zi jismlarning og’irlik markazlarini aniqlash.	Parallel kuchlar markazi va og’rlik markazi. Bir tomongat yo’nalgan ikkita parallel kuchning qo’shish. Parallel kuchlar markazi. Qattiq jismni og’irlik markazi koordinatalarining umumiy formulalari. Jismlarning og’irlik markazini aniqlash usullari. Parallel kuchlar markazi. Qattiq jismning og’irlik markazi koordinatalarining umumiy formulalari. Jismlarning og’irlik markazini aniqlash usullari. Oddiy shaklli ba’zi jismlarning og’irlik markazlarini aniqlash.	2
9	Kinematika. Asosiy tushunchalar. Nuqta kinematikasi. Nuqta harakatlarining berilish usullari. Harakat vektor usulida berilgan nuqtaning tezligi. Harakati koordinata usulida berilgan nuqtaning tezligi. Harakat tabiiy usulda berilgan nuqtaning tezligi, harakati vektor usulida berilgan nuqtalarning tezlanishi. Harakati koordinatalari usulida berilgan nuqtaning tezlanishi. Harakati tabiiy uslubda berilgan nuqtaning tezlaniishi. Harakatining xususiy hollari nuqtaning tezlik va tezlanishlarini anilqlashga oid masalalar. Qattiq jismning ilgarlanma va qo’g’almas o’q atrofidagi aylanma harakati. Qattiq jismning ilgarlanma harakati.	Kinematika. Asosiy tushunchalar. Nuqta kinematikasi. Nuqta harakatlarining berilish usullari. Harakat vektor usulida berilgan nuqtaning tezligi. Harakati koordinata usulida berilgan nuqtaning tezligi. Harakat tabiiy usulda berilgan nuqtaning tezligi, harakati vektor usulida berilgan nuqtalarning tezlanishi. Harakati koordinatalari usulida berilgan nuqtaning tezlanishi. Harakati tabiiy uslubda berilgan nuqtaning tezlaniishi. Harakatining xususiy hollari nuqtaning tezlik va tezlanishlarini anilqlashga oid masalalar. Qattiq jismning ilgarlanma va qo’g’almas o’q atrofidagi aylanma harakati. Qattiq jismning ilgarlanma harakati.	2
10	Qattiq jismning qo’zg’almas o’q atrofidagi aylanma harakati tenglamasi. Aylanma harkatning burchak tezligi. Tekis aylanma harakat. Tekis o’zgaruvchan aylanma harakat. Qo’zg’almas o’q atrofida aylanma harakatdagi jism nuqtalarning tezligi va tezlanishi. Qattiq jism tekis parallell harakati.	Qattiq jismning qo’zg’almas o’q atrofidagi aylanma harakati tenglamasi. Aylanma harkatning burchak tezligi. Tekis aylanma harakat. Tekis o’zgaruvchan aylanma harakat. Qo’zg’almas o’q atrofida aylanma harakatdagi jism nuqtalarning tezligi va tezlanishi. Qattiq jism tekis parallell	2

		harakati.	
11	Tekis parallell harakatning hususiyatlari. Tekis shaklning harakat tenglamasi. Tekis shakl nuqtasining tezligining qutb tezliklarining proektsiyalariga oid teorema. Tezliklarning oniy markazi. Ba'zi hollarda tezliklarning oniy markazini aniqlash. Tekis shakl nuqtasining tezlanishi. Tezlanishlarining oniy markazi. Tekis parallell harakatdagi qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlari aniqlashga doir masalalar.	Tekis parallell harakatning hususiyatlari. Tekis shaklning harakat tenglamasi. Tekis shakl nuqtasining tezligining qutb tezliklarining proektsiyalariga oid teorema. Tezliklarning oniy markazi. Ba'zi hollarda tezliklarning oniy markazini aniqlash. Tekis shakl nuqtasining tezlanishi. Tezlanishlarining oniy markazi. Tekis parallell harakatdagi qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlari aniqlashga doir masalalar.	2
12	Qattiq jismning qo'zg'almas nuqta atrofida aylanuvchi jismning ko'chishiga oid Eyler-Dalamber teoremasi.	Qattiq jismning qo'zg'almas nuqta atrofida aylanuvchi jismning ko'chishiga oid Eyler-Dalamber teoremasi.	2
13	Sferik harakatdagi oniy burchak tezligi va oniy burchak tezlanishini. Qo'zg'almas nuqta atrofida aylanuvchi jism nuqtasining tezligi va tezlanishi.	Sferik harakatdagi oniy burchak tezligi va oniy burchak tezlanishini. Qo'zg'almas nuqta atrofida aylanuvchi jism nuqtasining tezligi va tezlanishi.	2
14	Erkin qattiq jismning harakatini ilgarilanma va aylanma harakatlarga ajratish.Erkin qattiq jism nuqtalari va tezlanish. Nuqtaning murakkab harakati. Nuqtaning nisbiy ko'chirma va murakkab harakatlari. Tezliklarni qo'shish teoremasi. Tezlanishlarni qo'shish teoremasi. (Koriolis teoremasi). Koriolis tezlanish. Murakkab harakatdagi nuqtaning tezlik va tezlanishlarini aniqlashga doir masalalar.	Erkin qattiq jismning harakatini ilgarilanma va aylanma harakatlarga ajratish.Erkin qattiq jism nuqtalari va tezlanish. Nuqtaning murakkab harakati. Nuqtaning nisbiy ko'chirma va murakkab harakatlari. Tezliklarni qo'shish teoremasi. Tezlanishlarni qo'shish teoremasi. (Koriolis teoremasi). Koriolis tezlanish. Murakkab harakatdagi nuqtaning tezlik va tezlanishlarini aniqlashga doir masalalar.	2
15	Dinamika. Dinamikaning asosiy tushunchalari va qonunlari. Mexanik o'lchov birliklari sistemasi. Moddiy nuqta harakatining differentsial tenglamalari. Bog'lanishdagi moddiy nuqta harakatining differentsial tenglamalari.	Dinamika. Dinamikaning asosiy tushunchalari va qonunlari. Mexanik o'lchov birliklari sistemasi. Moddiy nuqta harakatining differentsial tenglamalari. Bog'lanishdagi moddiy nuqta harakatining differentsial tenglamalari.	2
Jami			**30**

Amaliy mashg'ulotlarni mavzusi va mazmuni.

№	Mavzu nomi	Qisqacha mazmuni	soati
1	Tekislikdagi kuchlar sistemasi	Tekislikdagi kuchlar sistemasi	2
2	Bir to'g'ri chiziq bo'ylab ta'sir qiluvchi kuchlar.	Bir to'g'ri chiziq bo'ylab ta'sir qiluvchi kuchlar.	2
3	Ta'sir chiziqlari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar.	Ta'sir chiziqlari bir nuqtada kesishuvchi kuchlar.	2
4	Parallel kuchlar.	Parallel kuchlar.	2
5	Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi.	Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi.	2

6	Ishqalanish kuchlari.	Ishqalanish kuchlari.	2
7	Ta’sir chiziqlari bir nuqtada kesishadigan kuchlar.	Ta’sir chiziqlari bir nuqtada kesishadigan kuchlar.	2
8	Kuchlar sistemasini sodda holatga keltirish.	Kuchlar sistemasini sodda holatga keltirish.	2
9	Ixtiyoriy kuchlar sistemasini muvozanati.	Ixtiyoriy kuchlar sistemasini muvozanati.	2
10	Og’irlik markazi.	Og’irlik markazi.	2
11	Nuqta harakatning tenglamalari va traektoriyasi.	Nuqta harakatning tenglamalari va traektoriyasi.	2
12	Nuqta tezligi. Nuqta tezlanishi.	Nuqta tezligi. Nuqta tezlanishi.	2
13	Tekis shaklning harakat tenglamalari.	Tekis shaklning harakat tenglamalari.	2
14	Tekis parallell harakatdagi jism nuqtalarining tezlanishi.	Tekis parallell harakatdagi jism nuqtalarining tezlanishi.	2
15	Nuqtaning harakat tenglamalari.	Nuqtaning harakat tenglamalari.	2
	jami		**30**

MUSTAQIL ISH MAVZULARI VA SHAKLLARI

№	**Mavzu nomi**	**TMI shakli**	**Hajmi** (soatda)
1	Bog’lanish va bog’lanish reaktsiyasi. Kuchning o’qqa nisbatan momenti shu o’qdagi nuqtaga nisbatan momenti orasidagi munosabat. Kuchning koordinata o’qlariga nisbatan momentlari.	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
2	Fazoda ixtiyoriy vaziyatda joylashgan juft kuchlarni qo’shish. Juft kuchlarning sistemasining muvozanati. Varin’on teoremasi.	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	6
3	Tugunlarni kesish usuli. Fermalarni kesish usuli	Adabiyotlardan konspekt qilish. Masalalar yechish. Mustaqil topshiriqlarni bajarish.	4
4	Xususiy xollarda kuchlar sistemasining muvozanat tenglamalari.	Adabiyotlrdan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
5	Dumalanishdagi ishqalanish.	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
6	Harakati tabiiy usulida berilgan nuqtaning tezligi.	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
7	Nuqta tezlanishlarini aniqlashga oid masalalar.	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
8	Qattiq jism aylanma harikatining hususiy xoli.	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
9	Tezlanishlarning oniy markazi.	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
10	Qo’zg’almas nuqta atrofida aylanuvchi jism nuqtasining tezligi va tezlanishi.	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
11	Koriolis tezlanishi	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
12	Moddiy nuqtaning nisbiy harakati dinamikasi. Jismlarning muvozanati va harakatiga yer aylanishining ta’siri.	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	6

13	Giraskopning elementar nazariyasi	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
14	Qo’zgalmas o’q atrofida aylanuvchi jisim massalarini dinamik muvozanatlash.	Adabiyotlardan konspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish	4
	Jami		**60**

NAZORAT SAVOLNOMALARI

1.Kirish. Nazariy mexanika fanining qisqacha tarixi. Fanning mazmuni va maqsadi. Nazariy mexanika fanining matematika, fizika va umumtexnika fanlari bilan bog’liqligi.

2.Statika.

3.Qattiq jism statikasi. Asosiy tushunchalar va ta’riflar.

4.Statikaninng asosiy aksiomalari. Bog’lanish va bog’lanish reaktsiyalari.

5.Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi.

6.Bir nuqtada kesishuvchi kuchlarni geometrik usulida qo’shish. Kuchning o’qidagi proektsiyasi.

7.Teng ta’sir etuvchini analitik usulda aniqlash.

8.Bir nuqtada kuchlarning muvozanati. Uch kuch muvozanatiga oid teorema. Parallel kuchlar sistemasi.

9.Parallel kuchlarini qo’shish va tashkil etuvchilarga ajratish.

10.Kuchning nuqtaga nisbatan momenti.

11.Kuchning nuqtaga nisbatan moment vektori.

12.Kuchning o’qqa nisbatan momenti.

13.Kuchning o’qqa nisbatan momenti bilan shu o’qdagi nuqtaga nisbatan momenti orasidagi munosabati.

14.Juft kuchlar nazariyasi. Juft kuch va juft kuchninig momenti.

15.Ekvivalent juft kuchlar xaqidagi teoremalar.

16.Juf kuchlar momentiga oid teorema.

17.Bir tekislikda va parallel tekislikda yotuvchi juft kuchlar ni qo’shish.

18.Fazoda ixtiyoriy vaziyatda joylashgan juft kuchlarni qo’shish.

19.Juft kuchlar sistemasining muvozanati.

20.Tekislikda kuchlar sistemasi. Kuchning berilagan nuqtaga keltirish.

21.Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini bir nuqtaga ketirish.

22. Bosh vektor va bosh moment.

23.Tekislikdagi kuchlarni bir markazga keltirish.

24.Varinьon teoremasi.

25.Tekislikdagi kuchlar sistemasini bitta juft kuch yoki teng ta’sir etuvchi xolatga keltirish.

26. Tekislikdagi kuchlarinng muvozanat shartlari.

27.Ferma xaqidagi tushunchalar.

28.Fermalar to’g’risidagi oddiy tushunchalar.

29.Fermalar xisoblash masalasi.

30.Tugunlarni kesish usuli.

31.Fermalarni kesish usuli. (Ritter usuli).

32.Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi.

33. Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar bir nuqtaga keltirish fazodagi kuchlar sistemasini kuchga yoki teng ta’sir etuvchiga keltirish.

34.Teng ta’sir etuvchining momenti xaqidagi Varinьon teoremasi.

35.Fazodagi kuchlar sistemasi muvozanatining analitik shartlari.

36.Fazodagi kuchlar sistemasi muvozanatini shartlarning vektorlar ifodalari.

37.Xususiy xolatlarda kuchlar sistemasining muvozanat tenglamalari.

38. Ishqalanish. Ishqalanish turlari.

39.Sirpanishdagi ishqalanish qonunlari.

40.Ishqalanish burchagi. Ishqalanish qonuni.

41.Dumalashdagi ishqalanish.

42.Parallel kuchlar markazi va og'rlik markazi.
43.Bir tomongat yo'nalgan ikkita parallel kuchning qo'shish.
44.Parallel kuchlar markazi.
45.Qattiq jismni og'irlik markazi koordinatalarining umumiy formulalari.
46.Jismlarning og'irlik markazini aniqlash usullari.
47.Parallel kuchlar markazi.
48.Qattiq jismning og'irlik markazi koordinatalarining umumiy formulalari.
49.Jismlarning og'irlik markazini aniqlash usullari.
50. Oddiy shaklli ba'zi jismlarning og'irlik markazlarini aniqlash.
51.Kinematika. Asosiy tushunchalar.
52.Nuqta kinematikasi.
53.Nuqta harakatlarining berilish usullari. Harakat vektor usulida berilgan nuqtaning tezligi.
54.Harakati koordinata usulida berilgan nuqtaning tezligi. Harakat tabiiy usulda berilgan nuqtaning tezligi, harakati vektor usulida berilgan nuqtalarning tezlanishi.
55.Harakati koordinatalari usulida berilgan nuqtaning tezlanishi.
56.Harakati tabiiy uslubda berilgan nuqtaning tezlaniishi. Harakatining xususiy hollari nuqtaning tezlik va tezlanishlarini anilqlashga oid masalalar.
57.Qattiq jismning ilgarlanma va qo'g'almas o'q atrofidagi aylanma harakati. Qattiq jismning ilgarlanma harakati.
58.Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakati tenglamasi.
59. Aylanma harkatning burchak tezligi. Tekis aylanma harakat.
60.Tekis o'zgaruvchan aylanma harakat.
61.Qo'zg'almas o'q atrofida aylanma harakatdagi jism nuqtalarning tezligi va tezlanishi.
62.Qattiq jism tekis parallell harakati.
63.Tekis parallell harakatning hususiyatlari.
64.Tekis shaklning harakat tenglamasi. Tekis shakl nuqtasining tezligining qutb tezliklarining proektsiyalariga oid teorema.
65.Tezliklarning oniy markazi. Ba'zi hollarda tezliklarning oniy markazini aniqlash. Tekis shakl nuqtasining tezlanishi.
66.Tezlanishlarining oniy markazi. Tekis parallell harakatdagi qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlari aniqlashga doir masalalar.
67.Qattiq jismning qo'zg'almas nuqta atrofida aylanuvchi jismning ko'chishiga oid Eyler-Dalamber teoremasi.
68.Sferik harakatdagi oniy burchak tezligi va oniy burchak tezlanishini. Qo'zg'almas nuqta atrofida aylanuvchi jism nuqtasining tezligi va tezlanishi.
69.Erkin qattiq jismning harakatini ilgarilanma va aylanma harakatlarga ajratish.
70.Erkin qattiq jism nuqtalari va tezlanish. Nuqtaning murakkab harakati. Nuqtaning nisbiy ko'chirma va murakkab harakatlari.
71.Tezliklarni qo'shish teoremasi. Tezlanishlarni qo'shish teoremasi. (Koriolis teoremasi). Koriolis tezlanish.
72.Murakkab harakatdagi nuqtaning tezlik va tezlanishlarini aniqlashga doir masalalar.
73.Dinamika. Dinamikaning asosiy tushunchalari va qonunlari.
74.Mexanik o'lchov birliklari sistemasi.
75.Moddiy nuqta harakatining differentsial tenglamalari.
76.Bog'lanishdagi moddiy nuqta harakatining differentsial tenglamalari.
77.Moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi. Moddiy nuqta dinamikasining umumiy teoremasi.
78.Kuch impulьsi.
79.Moddiy nuqta harakat miqdorining o'zgarishi xaqidagi teorema.
80.Nuqta harakat miqdorining momenti va miqdori momentining o'zgarishi xaqidagi teorema.
81.Nuqtaning markaziy kuch ta'siridagi harakati. Ish va quvvat.

82.Qattiq jismning kinematik energiyasi. Moddiy nuqta kinetik energiyasining o’zgarishi xaqidagi teoremasi.

83.Sistemaning massalar markazi va uning koordinatalari. Sistemaning inertsiya momentlarining umumiy formulalari.

84.Jismning parallel o’qlarga nisbatan inertsiya momentlarini xisoblash.Gyugens-SHteyner teoremasi.

85.Ba’zi oddiy shakkli jismlarning inertsiya momentlarini xisoblash.

86.Jismning berilgan nuqtadan o’tuvchi ixtiyoriy o’qqa nisbatan inertsiya momenti. Inertsiya bosh o’qlarining xususiyatlari.

87.Mexanik sistemaning harakat miqdori. Sistema harakat miqdorining o’zgarishi xaqidagi teorema. Sistema harakat miqdorining saqlanish qonuni.

88.Sistemaning kinetik energiyasi.

89.Kyoning teoremasi.

90.Mexanik sistemaning kinetik energiyasining o’zgarishi xaqidagi teorema.

91.Sistema mexanik energiyasining saqlanish qonuni.

92.Potentsiallash kuch maydoni. Potentsiallash kuch maydonidagi ish.

93.Potentsial energiya.

94.Qattiq jismning ilgarilanma harakati. Qattiq jismning qo’zg’almas o’q atrofidagi aylanma harakati. Jismning inertsiya momentini tajriba usuli bilan aniqlash.

95.Qattiq jismni tekis parallel harakati.

96.Moddiy nuqta, mexanik sistema uchun Dalamber printsipi.

97.Inertsiya kuchlarining bosh vektor va bosh momenti.

TAVSIYA ETILAYOTGAN ADABIYOTLAR RO’YXATI

Asosiy darsliklar va o’quv qo’llanmalar

1. Т.Р. Рашидов «Назарий механика асослари» // Т. «Ўқитувчи» 1990
2. Ж. Зоиров «Назарий механика» 1- ва 2-қисмлар // Т. «Фан» 1995.
3. Ю. Ёқубов «Назарий механика» // Т. «Ўқитувчи.» 1997.
4. М.С. Яхёев «Назарий механика» // Т. «Ўқитувчи.» 1999.
5. N.S. Asomutdinov, R.B. Daminova «Nazariy mexanika» Uslubiy qo’llanma // TDPU, 2012.
6. С.М.Тарг Краткий курс «Теоретическая механика» // М. «Высщая школа» 1996.
7. R.Daminova va boshqalar “Nazariy mexanika” Elektron darslik. 2006
8. N.S.Asomutdinov, R.Daminova. Nazariy mexanika fanidan o’quv metodik majmua. T., TDPU, 2012 yil.

Qo’shimcha adabiyotlar

1. И.В. Мищерский «Назарий механикадан масалалар тўплами» //Т. «Ўқитувчи.» 1996 йил.
2. www.ziyonet.uz
3. www.edu.uz

BAHOLASH MEZONLARI

“Nazariy mexanika” fanidan talabalar bilimini baholash mezonlari

1. Talabalar bilimini baholash 5 baholik tizimda amalga oshiriladi. Bunda 5, 4 va 3 baholar nazorat turlariga kirish yoki talabalaga stipendiya tayinlash va kursdan-kursga ko’chirish uchun asos bo’lsa, 0, 1 va 2 baholar nazorat turlariga kirish uchun yetarli bo’lmaydi va belgilangan muddatlarda talaba fandan qayta topshira olmasa akademik qarzdor hisoblanadi.

2. Oraliq nazorat turini o’tkazish va mazkur nazorat turi bo’yicha talabaning bilimini baholash tegishli fan bo’yicha o’quv mashg’ulotlarini olib borgan professor-o’qituvchi tomonidan amalga oshiriladi. Oraliq nazorat ballari yakuniy nazorat o’tkaziladigan muddatdan kamida bir hafta muddatda umumlashtirilishi va talabalarga fan o’qituvchisi tomonidan yetkazilishi shart.

Yakuniy nazorat turini o’tkazish va mazkur nazorat turi bo’yicha talabaning bilimini baholash o’quv mashg’ulotlarini olib bormagan professor-o’qituvchi tomonidan yoki markazlashgan holda axborot kommunikatsiya texnologiyalarini qo’llagan holda amalga oshirilishi mumkin.

Oraliq nazorat turini topshirmagan, shuningdek ushbu nazorat turi bo’yicha “2” (qoniqarsiz) baho bilan baholangan talaba yakuniy nazorat turiga kiritilmaydi.

Yakuniy nazorat turiga kirmagan yoki kiritilmagan, shuningdek ushbu nazorat turi bo’yicha “2” (qoniqarsiz) baho bilan baholangan talaba akademik qarzdor hisoblanadi.

3. Talaba uzrli sabablarga ko’ra oraliq va (yoki) yakuniy nazorat turiga kirmagan taqdirda ushbu talabaga tegishli nazorat turini qayta topshirishga fakultet dekanining farmoyishi asosida ruxsat beriladi.

4. Bir kunda 1 tadan ortiq fan bo’yicha yakuniy nazorat turi o’tkazilishiga yo’l qo’yilmaydi. Yakuniy nazorat turlarini o’tkazish tegishli kursning belgilangan semestridagi fanlar sonidan kelib chiqqan holda 2 kun oralig’ida belgilanishi lozim.

Fan bo’yicha talabalarning bilimi quyidagi mezonlar asosida aniqlanadi:

1	talaba mustaqil xulosa va qaror qabul qiladi, ijodiy fikrlay oladi, mustaqil mushohada yuritadi, olgan bilimini amalda qo’llay oladi, fanning (mavzuning) mohiyatini tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda fan (mavzu) bo’yicha tasavvurga ega deb topilsa	5 (a’lo) baho;
2	talaba mustaqil mushohada yuritadi, olgan bilimini amalda qo’llay oladi, fanning (mavzuning) mohiyatni tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda fan (mavzu) bo’yicha tasavvurga ega deb topilsa	4 (yaxshi) baho
3	talaba olgan bilimini amalda qo’llay oladi, fanning (mavzuning) mohiyatni tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda fan (mavzu) bo’yicha tasavvurga ega deb topilganda	3 (qoniqarli) baho
4	talaba fan dasturini o’zlashtirmagan, fanning (mavzuning) mohiyatini tushunmaydi hamda fan (mavzu) bo’yicha tasavvurga ega emas deb topilganda	2 (qoniqarsiz) baho

Nazorat turlarini o’tkazish bo’yicha tuzilgan topshiriqlarning mazmuni talabaning o’zlashtirishini xolis (obyektiv) va aniq baholash imkoniyatini berishi shart.

Baholash turlari	Eng yuqori	O`tkazish vaqti

	baho	
I. Joriy baholash:	**5**	Amaliy mashg`ulotlar davomida yakuniy baholashgacha
Amaliy mashg'ulotlarda faolligi, **vazifani mustaqil va aniq bajarishi**;	5	
Mustaqil ta`lim topshiriqlarini o'z vaqtida sifatli bajarilishi	5	
II. Oraliq baholash:	**5**	Ma'ruza mashg'uloti yakunida
2.1. Oraliq nazorat 3 ta savoldan iborat bo'lib, ma'ruza mashg'ulotlari mavzusi asosida variantlar asosida yozma shaklda o`tkaziladi.	5	
2.2. Test shaklida bo'lsa, 20 talik savoldan iborat nazorat testi shaklida o'tkaziladi.		
III. Yakuniy baholash:	**5**	
3.1. Yakuniy nazorat 3 ta savoldan iborat yozma shaklda o'tkaziladi.	5	Kurs oxirida
3.2. Test shaklida bo'lsa, 30 talik savoldan iborat nazorat testi shaklida o'tkaziladi.	5	
Jami	**5**	

Oraliq baholash ON semester davomida talabaning fan o'quv dasturiga tegishli tugallangan bo'limlarni o'zlashtirishini baholash usuli. Oraliq nazoratga shu davrda talabaning ma`ruzalarga qatnashganligi, amaliy mashg`ulotlarni topshirganligi va shu davrga oid mustaqil ishlarni bajarganligi inobatga olinib qo`yiladi.

Oraliq nazorat test shaklida o'tkazilsa, talabalar bilimi quyidagicha baholanadi:

Test shaklida bo'lsa:

- 18 tadan 20 tagacha – ***5;***
- 15 tadan 17 tagacha – ***4;***
- 12 tadan 14 tagacha – ***3.***

Yakuniy baholash ON – yakuniy baholash semester yakunida talabaning fan bo'yicha nazariy bilim va amaliy ko'nikmalarni baholash usuli.

Agar talabaning oraliq nazoratlaridan umumiy bahosi 3(qoniqarli) dan past bo`lsa, u holda yakuniy nazoratga qo`yilmaydi.

Yakuniy nazorat:

- **Yozma ish shaklida bo'lsa:**

- Tayanch iboralar yoki savolni to'g'ri yoritish – ***3;***
- Mustaqil yondashish, amaliy misollar keltirish – ***1;***
- Grafik ishlanmalardan foydalanish – ***1;***

Test shaklida bo'lsa:

- 26 tadan 30 tagacha – ***5;***
- 22 tadan 25 tagacha – ***4;***
- 17 tadan 21 tagacha – ***3.***

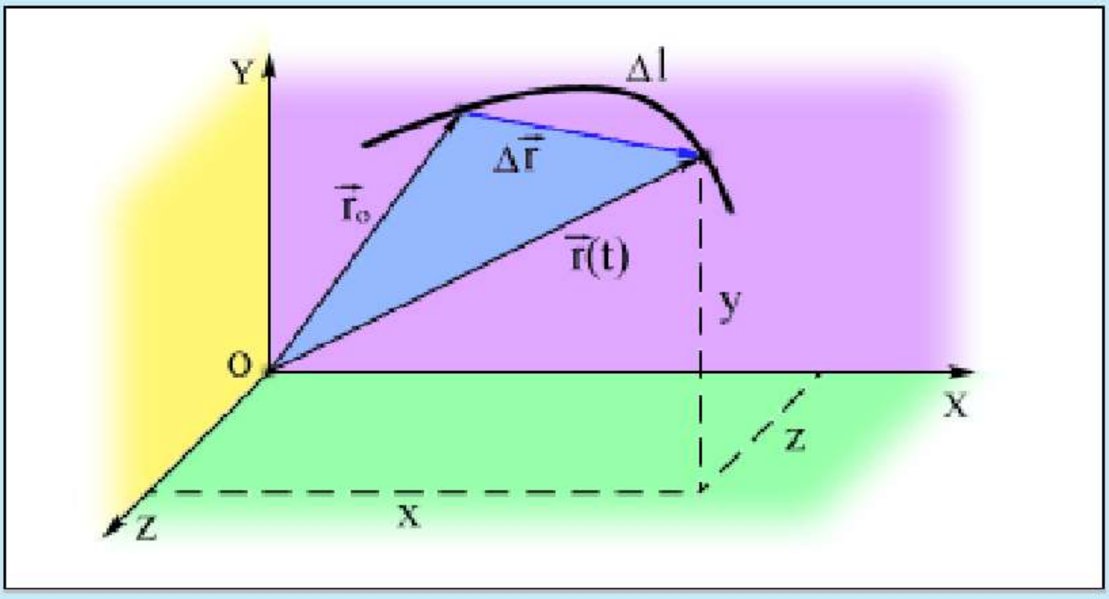
Og'zaki shaklda bo'lsa:

- Savollarga to'laqonli javob berishi uchun – ***3;***
- Ijodiy fikrlashi, amaliy misollar keltirishi uchun – ***1;***

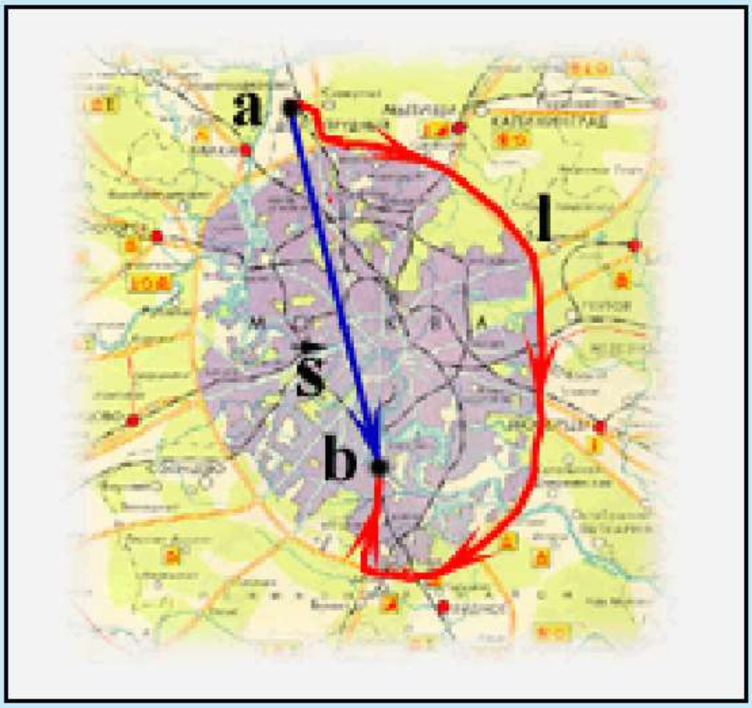
Qo'shimcha savollarga javob berishi uchun – ***1.***

Tarqatma materiallar

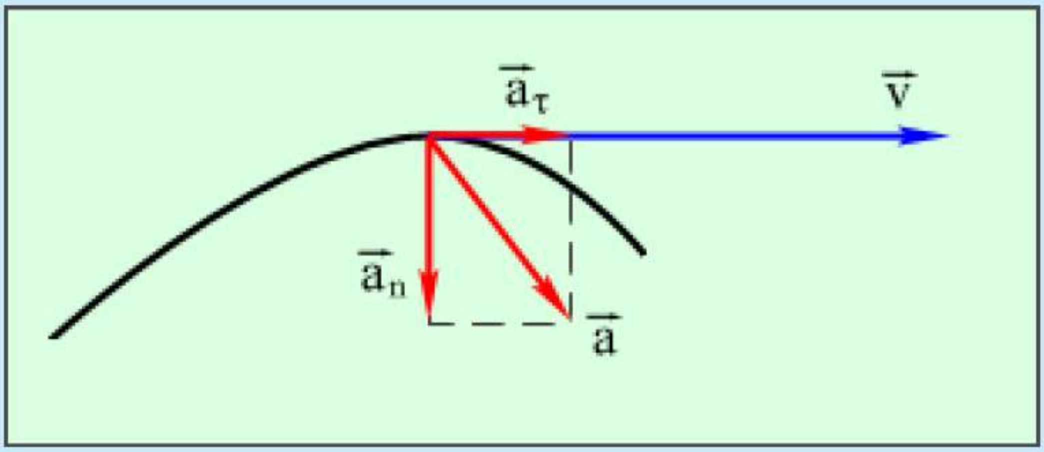
NUQTA VA RADIUS-VEKTORNING KOORDINATASINI ANIQLASH



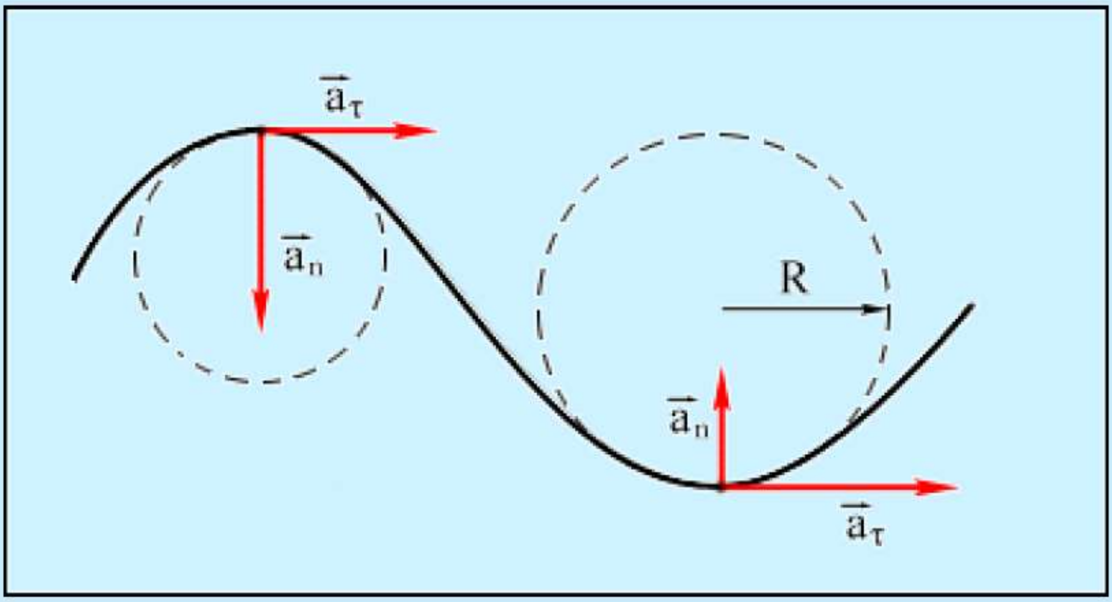
EGRI CHIZIQLI HARAKATDA YO'L VA KO'CHISH VEKTORI



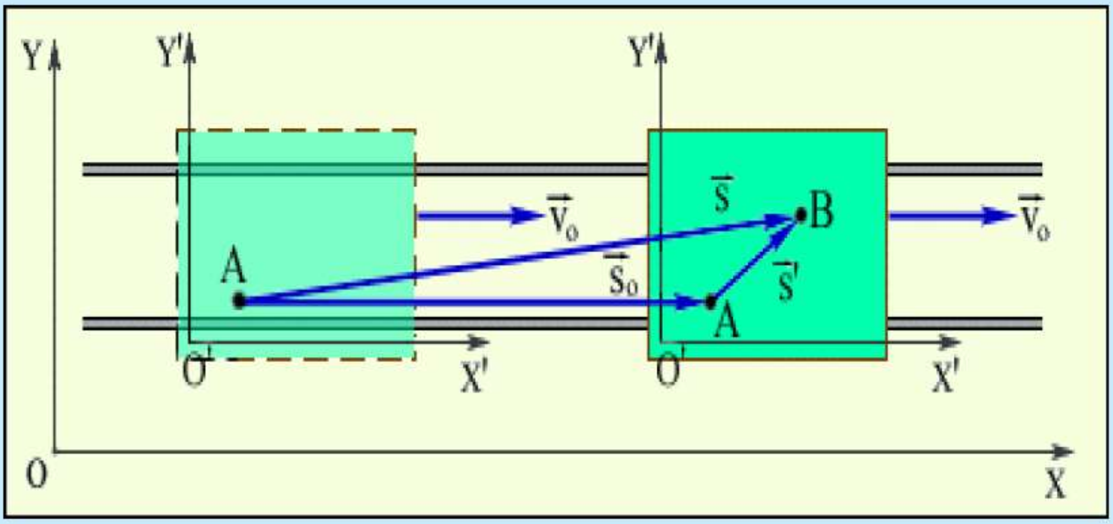
URINMA VA NORMAL TEZLANISH



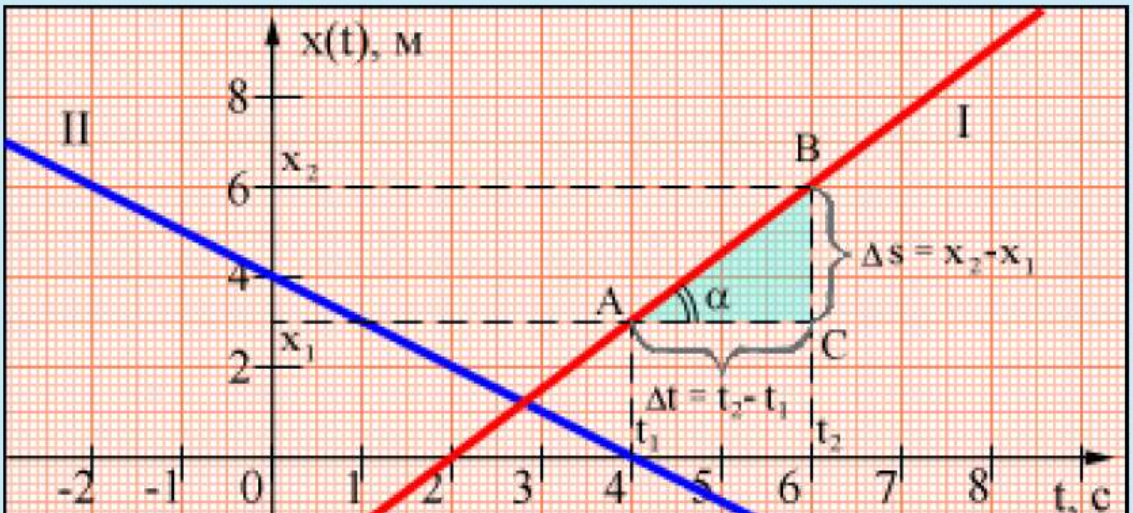
AYLANA YOYI BO‘YICHA HARAKAT



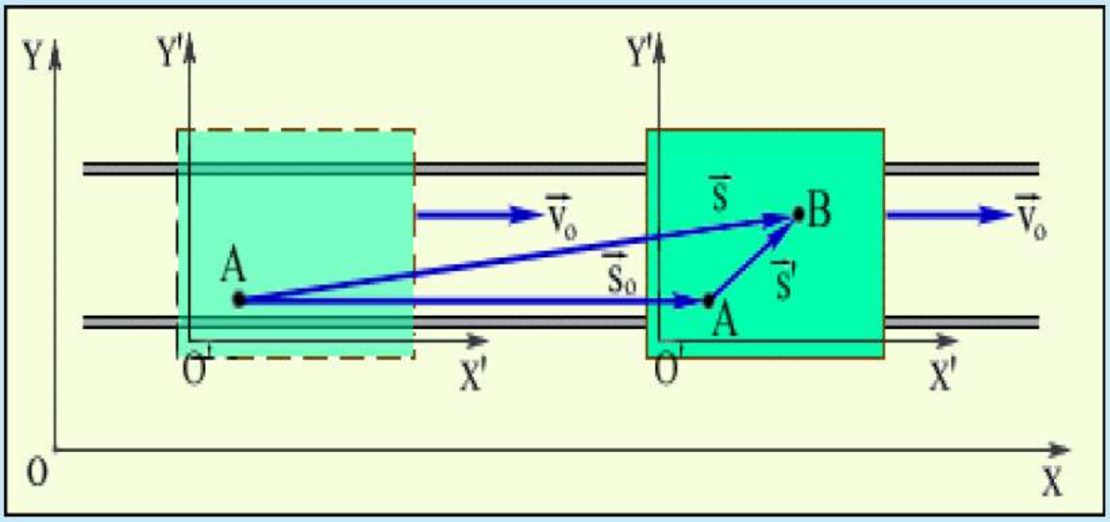
ҲАР ХИЛ САНОҚ СИСТЕМАЛАРИДА КЎЧИШЛАРНИ ҚЎШИШ



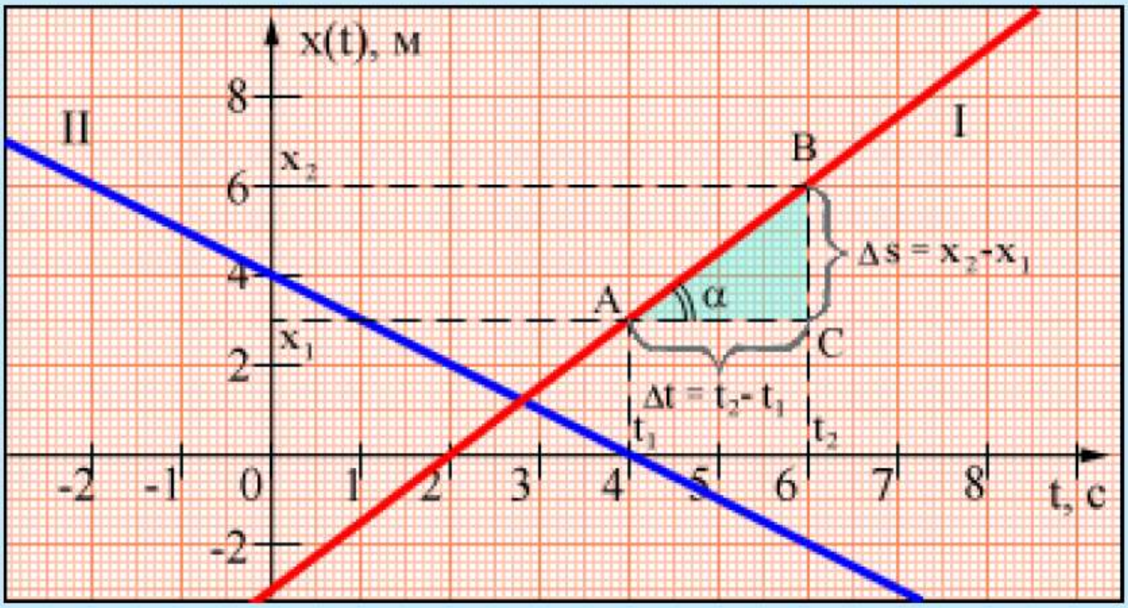
ТЎҒРИ ЧИЗИҚЛИ ТЕКИС ҲАРАКАТ ГРАФИГИ



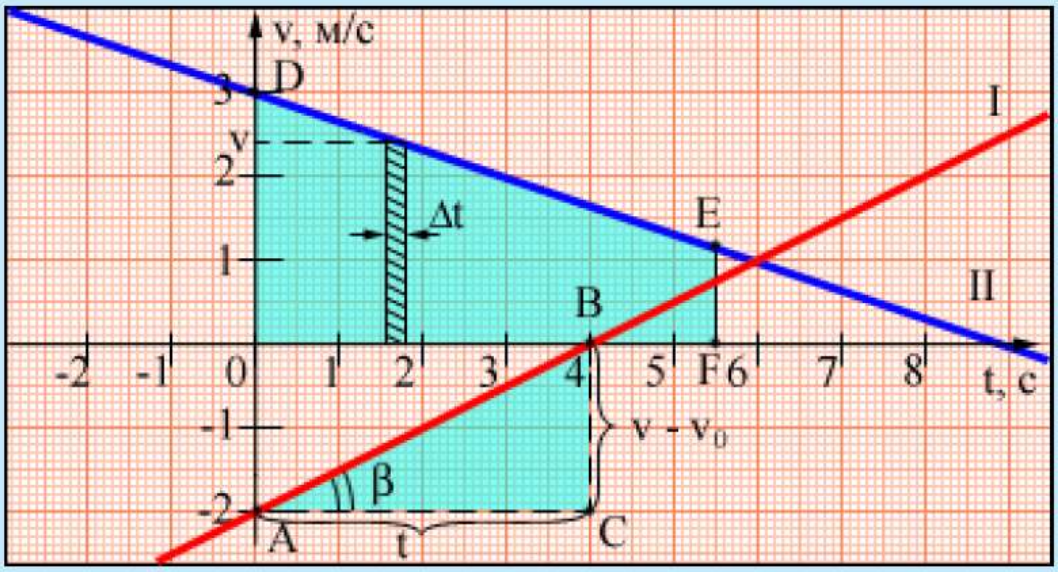
HAR XIL SANOQ SISTEMALARIDA KO'CHISHLARNI QO'SHISH



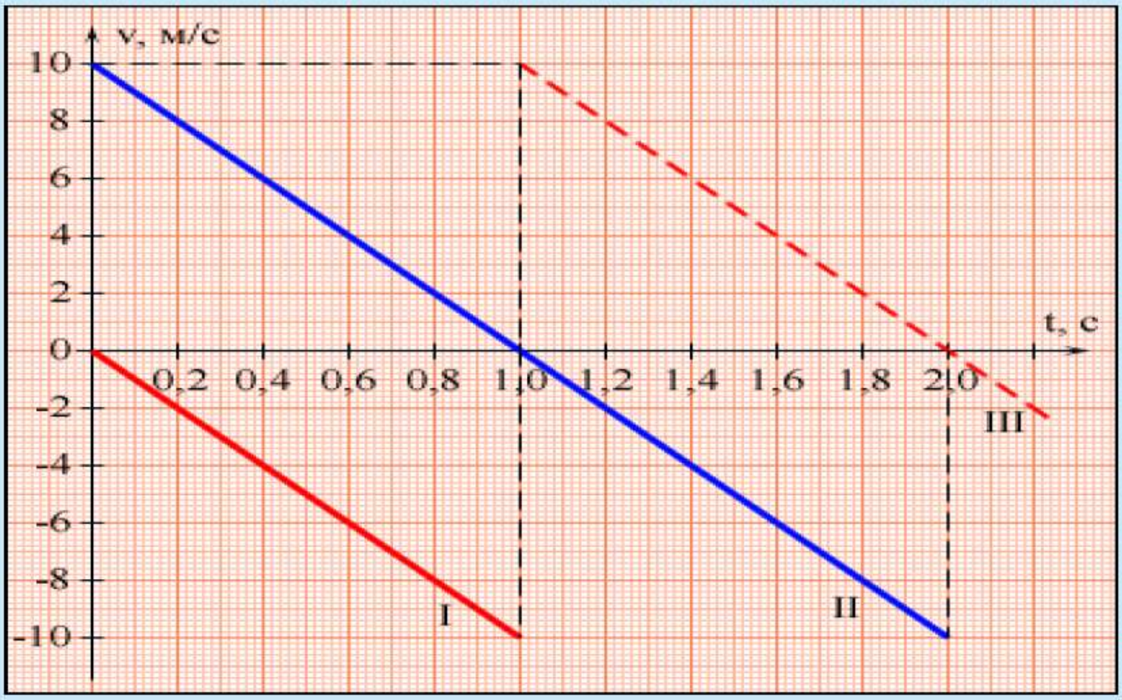
TO'G'RI CHIZIQLI TEKIS HARAKAT GRAFIGI



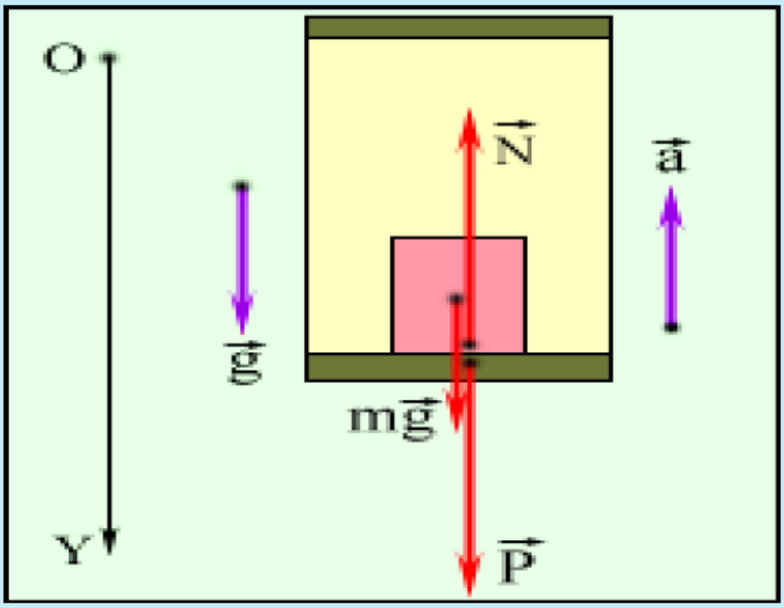
TEKIS TEZLASHUVCHAN HARAKATDA TEZLIK GRAFIGI



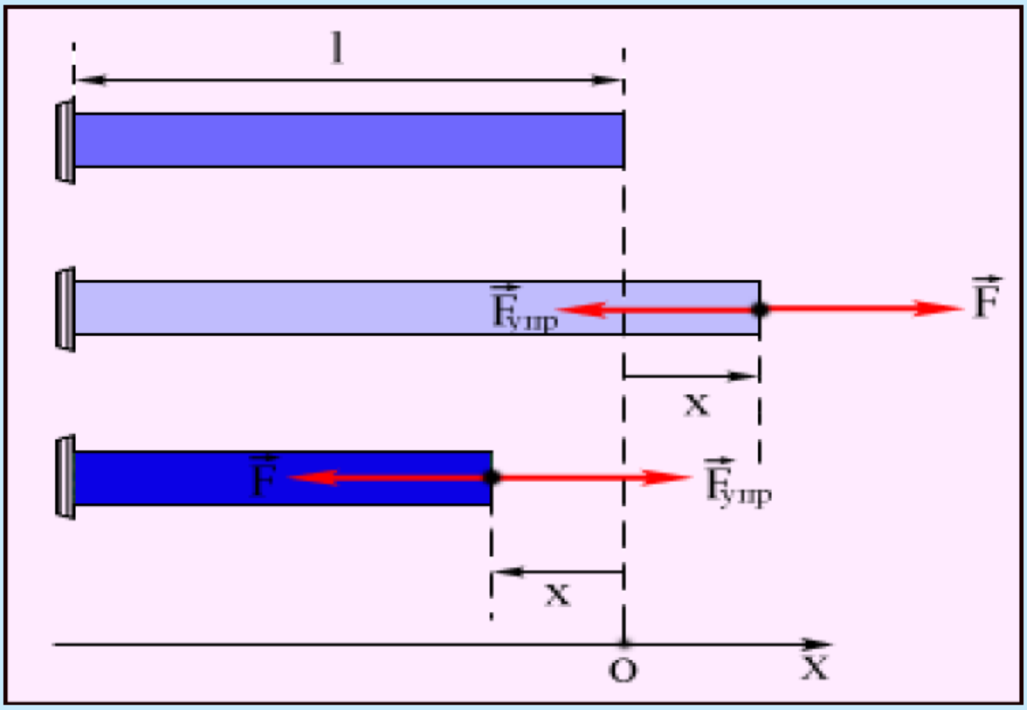
HARAKATNING HAR XIL REJIMLARI UCHUN TEZLANISH



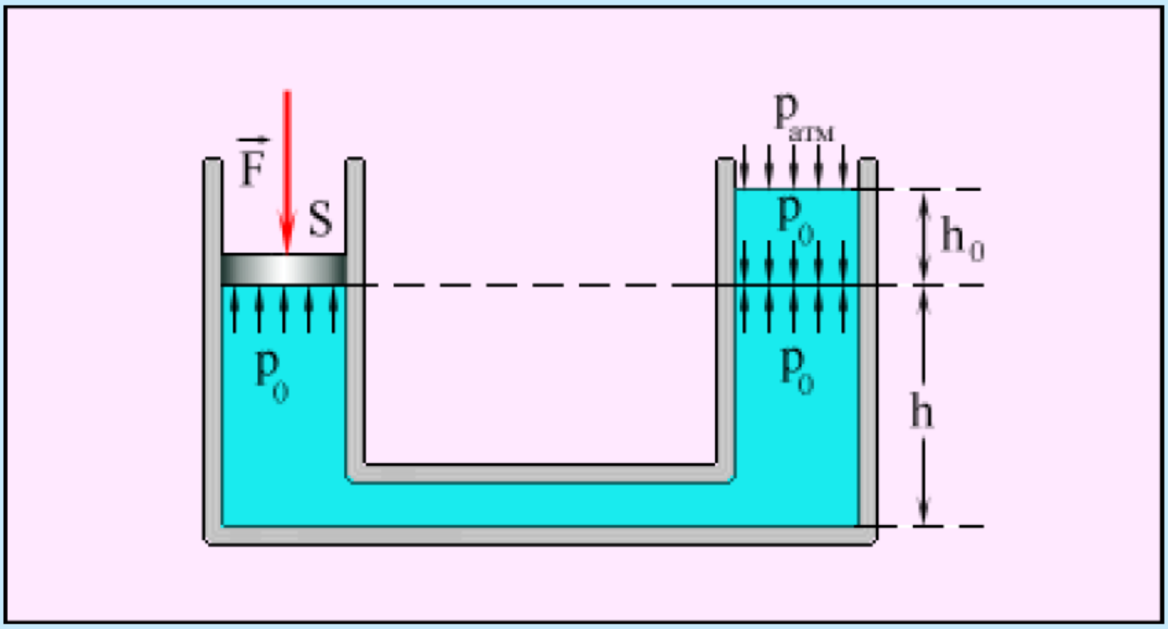
TEZLANISH BILAN HARAKATLANAYOTGAN LIFTDA JISM OG'IRLIGI



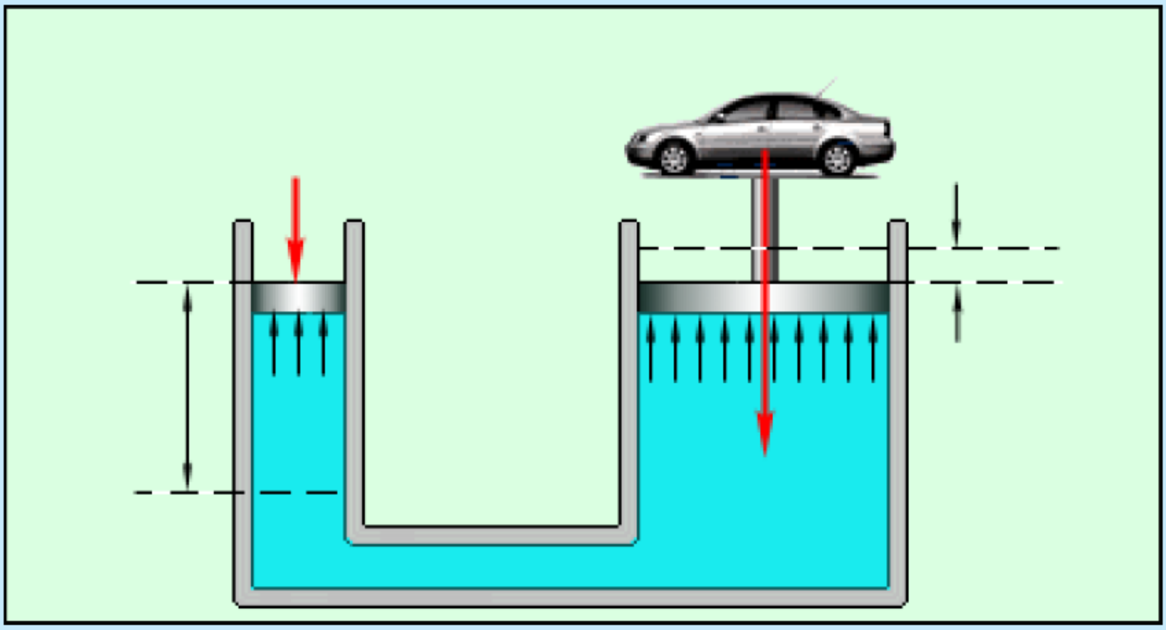
CHO'ZILISH (X > 0) VA SIQILISH (X < 0) DEFORMATSIYASI



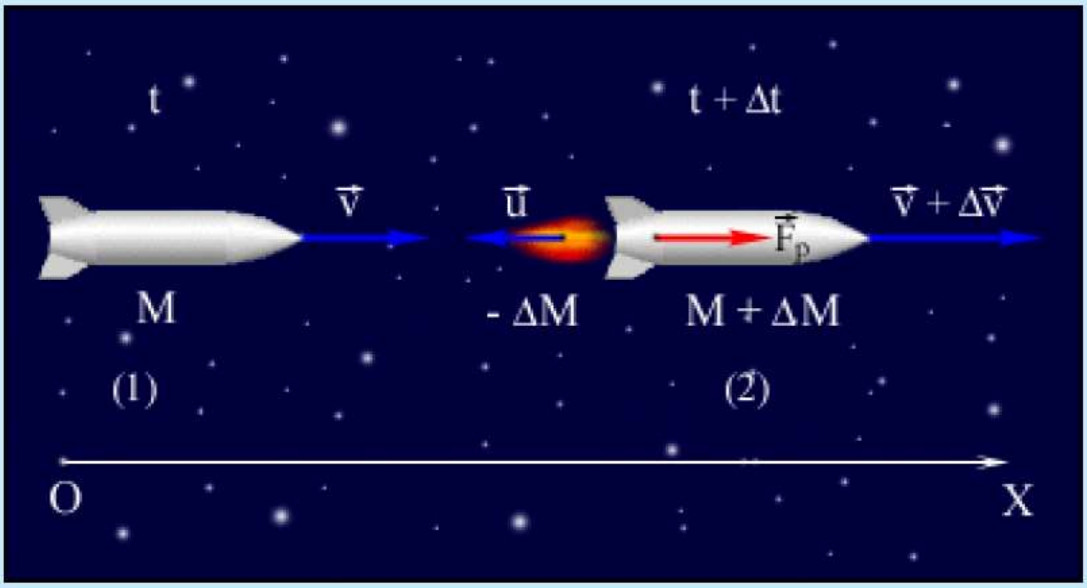
TUTASH IDISHLARGA MISOL



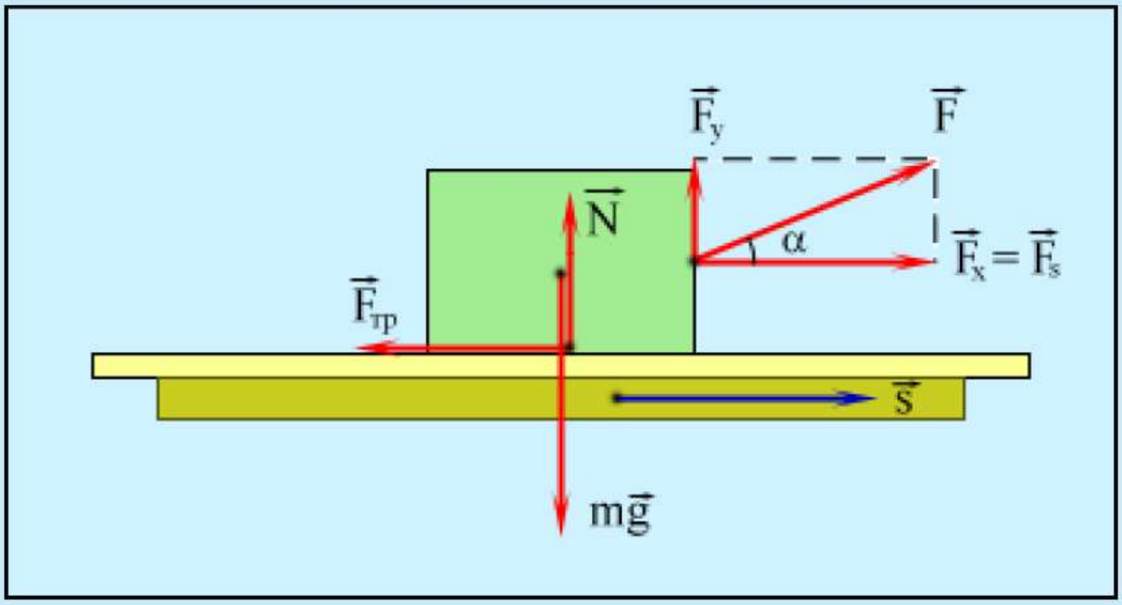
GIDRAVLIK MASHINA



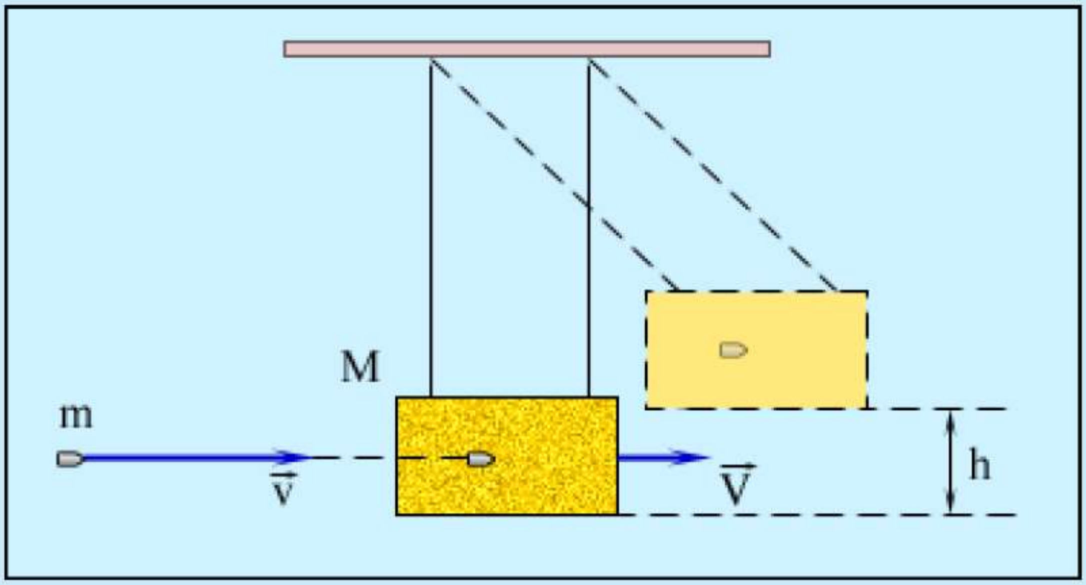
OCHIQ KOINOTDAGI RAKETA HARAKATI (GRAVITATSIYA KUCHLARI YO'Q)



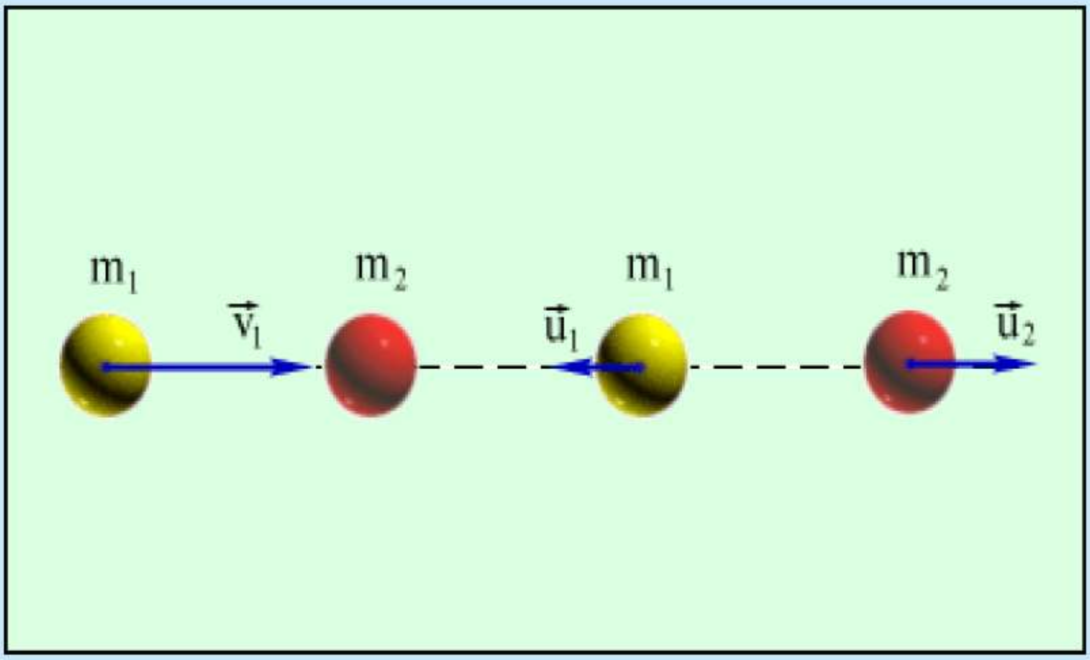
KUCHNING ISHI



BALLISTIK MAYATNIK



SHARLARNING ABSOLYUT ELASTIK TO'QNASHUVI



BAHOLASH MEZONLARI

“Nazariy mexanika” fanidan talabalar bilimini baholash mezonlari

5. Talabalar bilimini baholash 5 baholik tizimda amalga oshiriladi. Bunda 5, 4 va 3 baholar nazorat turlariga kirish yoki talabalaga stipendiya tayinlash va kursdan-kursga ko’chirish uchun asos bo’lsa, 0, 1 va 2 baholar nazorat turlariga kirish uchun yetarli bo’lmaydi va belgilangan muddatlarda talaba fandan qayta topshira olmasa akademik qarzdor hisoblanadi.

6. Oraliq nazorat turini o’tkazish va mazkur nazorat turi bo’yicha talabaning bilimini baholash tegishli fan bo’yicha o’quv mashg’ulotlarini olib borgan professor-o’qituvchi tomonidan amalga oshiriladi. Oraliq nazorat ballari yakuniy nazorat o’tkaziladigan muddatdan kamida bir hafta muddatda umumlashtirilishi va talabalarga fan o’qituvchisi tomonidan yetkazilishi shart.

Yakuniy nazorat turini o’tkazish va mazkur nazorat turi bo’yicha talabaning bilimini baholash o’quv mashg’ulotlarini olib bormagan professor-o’qituvchi tomonidan yoki markazlashgan holda axborot kommunikatsiya texnologiyalarini qo’llagan holda amalga oshirilishi mumkin.

Oraliq nazorat turini topshirmagan, shuningdek ushbu nazorat turi bo’yicha “2” (qoniqarsiz) baho bilan baholangan talaba yakuniy nazorat turiga kiritilmaydi.

Yakuniy nazorat turiga kirmagan yoki kiritilmagan, shuningdek ushbu nazorat turi bo’yicha “2” (qoniqarsiz) baho bilan baholangan talaba akademik qarzdor hisoblanadi.

7. Talaba uzrli sabablarga ko’ra oraliq va (yoki) yakuniy nazorat turiga kirmagan taqdirda ushbu talabaga tegishli nazorat turini qayta topshirishga fakultet dekanining farmoyishi asosida ruxsat beriladi.

8. Bir kunda 1 tadan ortiq fan bo’yicha yakuniy nazorat turi o’tkazilishiga yo’l qo’yilmaydi. Yakuniy nazorat turlarini o’tkazish tegishli kursning belgilangan semestridagi fanlar sonidan kelib chiqqan holda 2 kun oralig’ida belgilanishi lozim.

Fan bo’yicha talabalarning bilimi quyidagi mezonlar asosida aniqlanadi:

1	talaba mustaqil xulosa va qaror qabul qiladi, ijodiy fikrlay oladi, mustaqil mushohada yuritadi, olgan bilimini amalda qo’llay oladi, fanning (mavzuning) mohiyatini tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda fan (mavzu) bo’yicha tasavvurga ega deb topilsa	5 (a’lo) baho;
2	talaba mustaqil mushohada yuritadi, olgan bilimini amalda qo’llay oladi, fanning (mavzuning) mohiyatni tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda fan (mavzu) bo’yicha tasavvurga ega deb topilsa	4 (yaxshi) baho
3	talaba olgan bilimini amalda qo’llay oladi, fanning (mavzuning) mohiyatni tushunadi, biladi, ifodalay oladi, aytib beradi hamda fan (mavzu) bo’yicha tasavvurga ega deb topilganda	3 (qoniqarli) baho
4	talaba fan dasturini o’zlashtirmagan, fanning (mavzuning) mohiyatini tushunmaydi hamda fan (mavzu) bo’yicha tasavvurga ega emas deb topilganda	2 (qoniqarsiz) baho

Nazorat turlarini o’tkazish bo’yicha tuzilgan topshiriqlarning mazmuni talabaning o’zlashtirishini xolis (obyektiv) va aniq baholash imkoniyatini berishi shart.

Baholash turlari	Eng yuqori	O`tkazish vaqti

	baho	
IV. Joriy baholash:	**5**	Amaliy mashg`ulotlar davomida yakuniy baholashgacha
Amaliy mashg‘ulotlarda faolligi, **vazifani mustaqil va aniq bajarishi**;	5	
Mustaqil ta`lim topshiriqlarini o‘z vaqtida sifatli bajarilishi	5	
V. Oraliq baholash:	**5**	Ma’ruza mashg’uloti yakunida
2.1. Oraliq nazorat 3 ta savoldan iborat bo’lib, ma’ruza mashg’ulotlari mavzusi asosida variantlar asosida yozma shaklda o`tkaziladi.	5	
2.2. Test shaklida bo’lsa, 20 talik savoldan iborat nazorat testi shaklida o’tkaziladi.		
VI. Yakuniy baholash:	**5**	
3.1. Yakuniy nazorat 3 ta savoldan iborat yozma shaklda o’tkaziladi.	5	Kurs oxirida
3.2. Test shaklida bo’lsa, 30 talik savoldan iborat nazorat testi shaklida o’tkaziladi.	5	
Jami	**5**	

Oraliq baholash ON semester davomida talabaning fan o’quv dasturiga tegishli tugallangan bo’limlarni o‘zlashtirishini baholash usuli. Oraliq nazoratga shu davrda talabaning ma`ruzalarga qatnashganligi, amaliy mashg`ulotlarni topshirganligi va shu davrga oid mustaqil ishlarni bajarganligi inobatga olinib qo`yiladi.

Oraliq nazorat test shaklida o’tkazilsa, talabalar bilimi quyidagicha baholanadi:

Test shaklida bo’lsa:

- 18 tadan 20 tagacha – ***5;***
- 15 tadan 17 tagacha – ***4;***
- 12 tadan 14 tagacha – ***3.***

Yakuniy baholash ON – yakuniy baholash semester yakunida talabaning fan bo’yicha nazariy bilim va amaliy ko’nikmalarni baholash usuli.

Agar talabaning oraliq nazoratlaridan umumiy bahosi 3(qoniqarli) dan past bo`lsa, u holda yakuniy nazoratga qo`yilmaydi.

Yakuniy nazorat:

- Yozma ish shaklida bo’lsa:

- Tayanch iboralar yoki savolni to’g’ri yoritish – ***3;***
- Mustaqil yondashish, amaliy misollar keltirish – ***1;***
- Grafik ishlanmalardan foydalanish – ***1;***

Test shaklida bo’lsa:

- 26 tadan 30 tagacha – ***5;***
- 22 tadan 25 tagacha – ***4;***
- 17 tadan 21 tagacha – ***3.***

Og’zaki shaklda bo’lsa:

- Savollarga to’laqonli javob berishi uchun – ***3;***
- Ijodiy fikrlashi, amaliy misollar keltirishi uchun – ***1;***

Qo’shimcha savollarga javob berishi uchun – ***1.***

ORALIQ NAZORAT SAVOLNOMALARI

1.Kirish. Nazariy mexanika fanining qisqacha tarixi. Fanning mazmuni va maqsadi. Nazariy mexanika fanining matematika, fizika va umumtexnika fanlari bilan bog'liqligi.

2.Statika.

3.Qattiq jism statikasi. Asosiy tushunchalar va ta'riflar.

4.Statikaninng asosiy aksiomalari. Bog'lanish va bog'lanish reaktsiyalari.

5.Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi.

6.Bir nuqtada kesishuvchi kuchlarni geometrik usulida qo'shish. Kuchning o'qidagi proektsiyasi.

7.Teng ta'sir etuvchini analitik usulda aniqlash.

8.Bir nuqtada kuchlarning muvozanati. Uch kuch muvozanatiga oid teorema. Parallel kuchlar sistemasi.

9.Parallel kuchlarini qo'shish va tashkil etuvchilarga ajratish.

10.Kuchning nuqtaga nisbatan momenti.

11.Kuchning nuqtaga nisbatan moment vektori.

12.Kuchning o'qqa nisbatan momenti.

13.Kuchning o'qqa nisbatan momenti bilan shu o'qdagi nuqtaga nisbatan momenti orasidagi munosabati.

14.Juft kuchlar nazariyasi. Juft kuch va juft kuchninig momenti.

15.Ekvivalent juft kuchlar xaqidagi teoremalar.

16.Juf kuchlar momentiga oid teorema.

17.Bir tekislikda va parallel tekislikda yotuvchi juft kuchlar ni qo'shish.

18.Fazoda ixtiyoriy vaziyatda joylashgan juft kuchlarni qo'shish.

19.Juft kuchlar sistemasining muvozanati.

20.Tekislikda kuchlar sistemasi. Kuchning berilagan nuqtaga keltirish.

21.Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini bir nuqtaga ketirish.

22. Bosh vektor va bosh moment.

23.Tekislikdagi kuchlarni bir markazga keltirish.

24.Varinьon teoremasi.

25.Tekislikdagi kuchlar sistemasini bitta juft kuch yoki teng ta'sir etuvchi xolatga keltirish.

26. Tekislikdagi kuchlarinng muvozanat shartlari.

27.Ferma xaqidagi tushunchalar.

28.Fermalar to'g'risidagi oddiy tushunchalar.

29.Fermalar xisoblash masalasi.

30.Tugunlarni kesish usuli.

31.Fermalarni kesish usuli. (Ritter usuli).

32.Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi.

33. Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar bir nuqtaga keltirish fazodagi kuchlar sistemasini kuchga yoki teng ta'sir etuvchiga keltirish.

34.Teng ta'sir etuvchining momenti xaqidagi Varinьon teoremasi.

35.Fazodagi kuchlar sistemasi muvozanatining analitik shartlari.

36.Fazodagi kuchlar sistemasi muvozanatini shartlarning vektorlar ifodalari.

37.Xususiy xolatlarda kuchlar sistemasining muvozanat tenglamalari.

38. Ishqalanish. Ishqalanish turlari.

39.Sirpanishdagi ishqalanish qonunlari.

40.Ishqalanish burchagi. Ishqalanish qonuni.

41.Dumalashdagi ishqalanish.

42.Parallel kuchlar markazi va og'rlik markazi.

43.Bir tomongat yo'nalgan ikkita parallel kuchning qo'shish.

44.Parallel kuchlar markazi.

45.Qattiq jismni og'irlik markazi koordinatalarining umumiy formulalari.

46.Jismlarning og'irlik markazini aniqlash usullari.

47.Parallel kuchlar markazi.

48.Qattiq jismning og'irlik markazi koordinatalarining umumiy formulalari.

49.Jismlarning og’irlik markazini aniqlash usullari.

50. Oddiy shaklli ba’zi jismlarning og’irlik markazlarini aniqlash.

51.Kinematika. Asosiy tushunchalar.

52.Nuqta kinematikasi.

53.Nuqta harakatlarining berilish usullari. Harakat vektor usulida berilgan nuqtaning tezligi.

54.Harakati koordinata usulida berilgan nuqtaning tezligi. Harakat tabiiy usulda berilgan nuqtaning tezligi, harakati vektor usulida berilgan nuqtalarning tezlanishi.

55.Harakati koordinatalari usulida berilgan nuqtaning tezlanishi.

56.Harakati tabiiy uslubda berilgan nuqtaning tezlaniishi. Harakatining xususiy hollari nuqtaning tezlik va tezlanishlarini anilqlashga oid masalalar.

57.Qattiq jismning ilgarlanma va qo’g’almas o’q atrofidagi aylanma harakati. Qattiq jismning ilgarlanma harakati.

58.Qattiq jismning qo’zg’almas o’q atrofidagi aylanma harakati tenglamasi.

59. Aylanma harkatning burchak tezligi. Tekis aylanma harakat.

60.Tekis o’zgaruvchan aylanma harakat.

61.Qo’zg’almas o’q atrofida aylanma harakatdagi jism nuqtalarning tezligi va tezlanishi.

62.Qattiq jism tekis parallell harakati.

63.Tekis parallell harakatning hususiyatlari.

64.Tekis shaklning harakat tenglamasi. Tekis shakl nuqtasining tezligining qutb tezliklarining proektsiyalariga oid teorema.

65.Tezliklarning oniy markazi. Ba’zi hollarda tezliklarning oniy markazini aniqlash. Tekis shakl nuqtasining tezlanishi.

66.Tezlanishlarining oniy markazi. Tekis parallell harakatdagi qattiq jism nuqtalarining tezlik va tezlanishlari aniqlashga doir masalalar.

67.Qattiq jismning qo’zg’almas nuqta atrofida aylanuvchi jismning ko’chishiga oid Eyler-Dalamber teoremasi.

68.Sferik harakatdagi oniy burchak tezligi va oniy burchak tezlanishini. Qo’zg’almas nuqta atrofida aylanuvchi jism nuqtasining tezligi va tezlanishi.

69.Erkin qattiq jismning harakatini ilgarilanma va aylanma harakatlarga ajratish.

70.Erkin qattiq jism nuqtalari va tezlanish. Nuqtaning murakkab harakati. Nuqtaning nisbiy ko’chirma va murakkab harakatlari.

71.Tezliklarni qo’shish teoremasi. Tezlanishlarni qo’shish teoremasi. (Koriolis teoremasi). Koriolis tezlanish.

72.Murakkab harakatdagi nuqtaning tezlik va tezlanishlarini aniqlashga doir masalalar.

73.Dinamika. Dinamikaning asosiy tushunchalari va qonunlari.

74.Mexanik o’lchov birliklari sistemasi.

75.Moddiy nuqta harakatining differentsial tenglamalari.

76.Bog’lanishdagi moddiy nuqta harakatining differentsial tenglamalari.

77.Moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi. Moddiy nuqta dinamikasining umumiy teoremasi.

78.Kuch impulьsi.

79.Moddiy nuqta harakat miqdorining o’zgarishi xaqidagi teorema.

80.Nuqta harakat miqdorining momenti va miqdori momentining o’zgarishi xaqidagi teorema.

81.Nuqtaning markaziy kuch ta’siridagi harakati. Ish va quvvat.

82.Qattiq jismning kinematik energiyasi. Moddiy nuqta kinetik energiyasining o’zgarishi xaqidagi teoremasi.

83.Sistemaning massalar markazi va uning koordinatalari. Sistemaning inertsiya momentlarining umumiy formulalari.

84.Jismning parallel o’qlarga nisbatan inertsiya momentlarini xisoblash.Gyugens-SHteyner teoremasi.

85.Ba’zi oddiy shaklli jismlarning inertsiya momentlarini xisoblash.

86.Jismning berilgan nuqtadan o’tuvchi ixtiyoriy o’qqa nisbatan inertsiya momenti. Inertsiya bosh o’qlarining xususiyatlari.

87.Mexanik sistemaning harakat miqdori. Sistema harakat miqdorining o’zgarishi xaqidagi teorema. Sistema harakat miqdorining saqlanish qonuni.

88.Sistemaning kinetik energiyasi.

89.Kyoning teoremasi.

90.Mexanik sistemaning kinetik energiyasining o’zgarishi xaqidagi teorema.

91.Sistema mexanik energiyasining saqlanish qonuni.

92.Potentsiallash kuch maydoni. Potentsiallash kuch maydonidagi ish.

93.Potentsial energiya.

94.Qattiq jismning ilgarilanma harakati. Qattiq jismning qo’zg’almas o’q atrofidagi aylanma harakati. Jismning inertsiya momentini tajriba usuli bilan aniqlash.

95.Qattiq jismni tekis parallel harakati.

96.Moddiy nuqta, mexanik sistema uchun Dalamber printsipi.

97.Inertsiya kuchlarining bosh vektor va bosh momenti.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. M.Yaxyoev, K. Muminov Nazariy mexanika. T. Ukituvchi. 1990 g
2. Yu.N. Yokubov, S.A. Saidov Nazariy mexanika. T. Ukituvchi 1997 yil
3. F.G. Serova, A.A. Yankina, Sbornik zadach po teoreticheskoy fizike. M. «Prosveshenie» 1988.
4. P. SHoxaydarova, SH. SHoziyotov, J. Zoirov. Nazariy mexanika, T. Ukituvchi,
5. I.V. Meshcherskiy. Nazariy mexanikadan masalalar to'plami. Toshkent. O'qituvchi, 1967 yil
6. S.Q. Aziz-Qoriev, SH.X. Yangurazov. Nazariy mexanikadan masalalar yechish. T. O'qituvchi. 1974 yil 1-2 -qism.
7. S.M. Targ Kratkiy kurs teoriticheskoy mexaniki Vo'sshaya shkola .1992 g.
8. M.T. Urazboev. Nazariy mexanika kursi. T. O'qituvchi. 1993 yil.
9. P.S. Qurbonov, CH.S. Saidov Nazariy mexanikadan masalalar yechish. 1-2 qism. Ter. 1991 yil.
10. I.V. Meshcherskiy. Nazariy mexanikadan masalalar to'plami. T. O'qituvchi. 1989 yil
11. K. Yuldoshev. «Nazariy mexanikadan kurs ishlarini bajarishga doir metodik kullanma». T «Uzbekston» 1993 yil.
12. CH.S. Saidov., P.S. Kurbonov., P.Ismoilov. «Nazariy mexanikadan masalalar yechish» Namangan .2005 yil.
13. Т.Р. Рашидов «Назарий механика асослари» // Т. «Ўқитувчи» 1990
14. Ж. Зоиров «Назарий механика» 1- ва 2-қисмлар // Т. «Фан» 1995
15. Ю. Ёқубов «Назарий механика» // Т. «Ўқитувчи.» 1997.
16. М.С. Яхёев «Назарий механика» // Т. «Ўқитувчи.» 1999.
17. N.S. Asomutdinov, R.B. Daminova «Nazariy mexanika» Uslubiy qo'llanma // TDPU, 2012.
18. С.М.Тарг Краткий курс «Теоретическая механика» // М. «Высщая школа» 1996.
19. R.Daminova va boshqalar "Nazariy mexanika" Elektron darslik. 2006
20. N.S.Asomutdinov, R.Daminova. Nazariy mexanika fanidan o'quv metodik majmua. T., TDPU, 2012 yil.

5111000 Kasb ta'limi yo'nalishi II- kurs kunduzgi talabalari uchun Nazariy mexanika fanidan oraliq nazorati testi

1	To'g'ri chiziq bo'ylab harakatlanuvchi jismning harakat tenglamasi $x = x_0 + \dot{x}t + \frac{\ddot{x}t}{2}$ ko'rinishda berilgan. Bu ifoda to'g'ri chiziqli tekis harakat tenglamasini ifodalashi uchun qanday shart bajarilishi kerak.	* $\ddot{x} = 0$;	$\dot{x} = 0$;	$x_0 = 0$	t=0;
2	Nuqtaning koordinata usulida berilgan harakat tenglamalariga ko'ra uning traektoriya tenglamasi topilsin. x=3t-5, u=4-2t.	*2x+3y-2=0	3t-5+4-2t=0	3t-5-y-2t=0;	5x+6y-6=0;
3	Nuqta harakatining berilgan tenglamalariga qarab uning traektoriyasi tenglamasi topilsin. $x=3t^2$, $y=4t^2$.	*3y-4x=0	4x-2y=0;	3x+4y=0	4y-3x=0
4	Poezd 20m/s tezlik bilan harakat qiladi. Tormoz qilinganda u 0,4 m/s^2 ga teng sekinlanish oladi. Poezdni stantsiyaga kelmasdan qancha narida tormozlay boshlash kerakligi topilsin.	*50s, 500m	50s,400m.	40s,400m.	40s, 300m
5	Samolyotning erga qo'nish tezligini 400 km/soat deb hisoblab, qo'nish vaqtida samolyotning l=1200 m li yo'lda sekinlanishi aniqlansin. Sekinlanish doimiy deb hisoblansin.	*ω =4,5m/s^2;	ω =4,5m/s^2;	ω =6m/s^2;	3,5m/s^2;
6	Suv tomchilari vertikal naychaning teshigidan har 0,1 sekundda bir marta tomadi va 9,81m/s^2 tezlanish bilan pastga tushadi. Birinchi tomchi oqib chiqqan paytdan 1s o'tgandan keyin birinchi va ikkinchi tomchilar orasidagi masofaning qancha bo'lishi aniqlansin.	*0,932m	0,81m.	. 11,22m.	0.5m
7	Qanday jism mutlaq qattiq jism hisoblanadi?	*biror harakat davomida jismning ixtiyoriy ikki nuqtasi orasidagi masofa o`zgarmasa	xarakat davomida jism egilmasa	jismni tashkil etgan nuqtalar xajm bo`ylab teng taqsimlangan bo`lsa	jismga siquvchi kuch ta`sir etganda siqilmasa
8	Tezlik vektorining godografi deb nimani aytiladi?	*Tezlik vektori uchining koordinata boshiga nisbatan chizgan chizig'ini.	tezlik vektorini	tezlik vektorini traektoriyaga urinma yo`nalishini	aylana egri chizig'ini
9	Burchak tezlik deb nimaga aytiladi ?	*vaqt birligi ichidagi burilish burchagiga.	burchakni radiusga bo`linmasiga	burchakni radiusga ko`paytmasiga .	xarakat teng-lamasidan vaqt bo`yicha olingan birinchi tartibli xosilaga
10	Koriolis tezlanishini ifodasini ko`rsating	* $\overline{w} = 2[\overline{w}\,\overline{\upsilon}_r]$	$w = \frac{d^2x}{dt^2}$	$v = \frac{dx}{dt}$	$w = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$
11	Murakkab harakatdagi nuqtaning tezlanishini ifodasini ko`rsating	* $\overline{W}_a = \overline{W}_e + \overline{W}_r + \overline{W}_k$	$w = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$	$\overline{W}_a = \overline{W}_e + \overline{W}_r$	$w = \frac{d^2x}{dt^2}$
12	Dalamber – eyler teoremasini to`g'ri tarifini ko`rsating.	*qo`zg'almas nuq-tasi bo`lgan jismni bir	jismning har qanday tekis ko`chishini	tekis xarakatdagi jismning ikki	tekis xarakatdagi jismning ikki

		xolatdan ikkinchi xolatga shu nuqta-dan o`tuvchi o`q atrofida bir aylantirish bilan keltirish mumkin.	harakat tekisligida yotuvchi biror markaz atrofida bir aylantirish bilan bajarish mumkin.	nuqtasi tezliklarining shu nuqtalarini tutashtiruvchi chiziq yo`nalishidagi proektsiyalari o`zaro teng.	nuqtasi tezliklarining shu nuqta-larini tutashtiruvchi chiziq yo`nalishidagi proektsiyalari o`zaro teng emas.
13	Jismning qo`zg’almas o`q atrofidagi aylanma xarakati deb nimaga aytiladi ?	*harakat davomida jismning ikkita nuqtasi qo`zg’almasdan qolsa	harakat davomida jismning bitta nuqtasi qo`zg’almasdan qolsa	jismning burchak tezligi o`zgarmasdan qoladigan xarakatga	jismning yumalab xarakatlanishiga
14	Burchak tezlanish deb nimaga aytiladi ?	*burchak tezlikning vaqt birligi ichida o`zgarishiga	chiziqli tezlikning o`zgarishiga	nuqta koordinatasining o`zgarishiga	burchak tezlikning radiusga ko`paytmasiga
15	Nazariy mexanika qonunlari qachon o`rinli bo`ladi ?	*tezligi yorug’lik tezligidan ancha kichik, o`lchamlari molekula o`lchamlaridan ancha katta bo`lgan jismlar uchungina o`rinli.	jism xarakatlangan dagina o`rinli.	jism faqat tinch turgandagina o`rinli.	nazariy mexanika qonunlari hamma vaqt o`rinli.
16	$\vec{r} = \vec{r}(t)$ nima deb yuritiladi ?	*Nuqta harakati tenglamasining vektorli ifodasi.	nuqtaning radius vektori.	nuqtaning traektoriyasi.	tezlik vektori.
17	Qanday harakat garmonik harakat deyiladi ?	*Nuqtaning sinus yoki kosinus qonuni bo`yicha xarakatini	nuqtaning egri chiziqli harakatini	nuqtaning to`g’ri chiziqli harakatini	nuqtaning aylana bo`ylab harakatini
18	Tebranish amplitudasi deb nimaga aytiladi ?	*nuqtaning muvozanat vaziyatidan eng chetga chiqish masofasiga	bir marta to`la tebranish uchun ketgan vaqtga	nuqtaning to`liq tebranishiga	vaqt birligi ichidagi tebranishlar soniga
19	Tebranish davri deb nimaga aytiladi. ?	*bir marta to`la tebranish uchun ketgan vaqtga	nuqtaning to`liq tebranishiga	nuqtaning muvozanat vaziyatidan eng chetga chiqish masofasiga	vaqt birligi ichidagi tebranishlar soniga
20	Statitika bo`limi nimani o’rganadi ?	*Moddiy jismlarning muvozanati ularga qo’yilgan kuchlarni qo’shish, ayirish va kuchlarni ta'sir jixatidan teng bo’lgan ekvivalent kuchlar sistemasi bilan almashtirish masalalari	Kuchlar ta'sirida qattiq jism xarakatini o’rganadi.	Kuchlarni almashtirish bilan shug’ullanadi.	Kuchlar ta'sirida jism muvozanatini o’rganadi.
21	Kuchning jismga ta'siri qanday o’lchanadi ?	*Kuch	Uning	Kuch	Kuchning

		qo'yilgan nuqta, kuchning yo'nalishi va kuchning miqdori bilan o'rganadi uning kattaligi bilan o'lchanadi.	kattaligi bilan o'lchanadi.	yo'nalishi bilan o'lchanadi.	miqdoriga bog'liq emas.
22	Qaysi javobda statika aksiomalaridan biri to'g'ri keltirilgan ?	*1-aksioma. Erkin jismning istalgan ikki nuqtasiga miqdorlari teng, yo'nalishi esa shu nuqtalardan o'tuvchi to'g'ri chiziq bo'ylab qarama-qarshi tomonga yo'nalgan ikkita kuch ta'sir etsa, bunday kuchlar o'zaro muvozanatlashadi.	2- aksioma nolga ekvivalent sistemani jismga ta'sir etivuchi kuchlar sistemasiga qo'shish yoki ayrish bilan kuchlar sistemasining jismga ta'sir o'zgaradi.	3- aksima jismning biror nuqtasiga qo'yilgan bir xil yo'nalishidagi ikki kuchning teng ta'sir etuvchisi miqdor jixatdan diagonalga teng bo'lib, shu diagonal bo'yicha yo'naladi.	4- aksioma jismlarning bir biriga ta'sir o`zaro tang va bir to'g'ri chiziq bo'ylab bir tomonga yo'naladi.
23	Qanday jism erkin jism deyiladi ?	*Jism fazoda ixtiyoriy tomonga xarakatlana olsa	Jism tekislikda ixtiyoriy tomonga xarakatlana olsa.	Jism to'g'ri chiziq bo'ylab ixtiyori tomonga xarakatlana olsa.	Jism koordinata o'qlari bo'ylab xarakatlana olsa.
24	Bir nuqtada kesuvchi kuchlar sistemasi deb:	*Ta'sir chiziqlar bir nuqtada kesishadigan kuchlar sistemasiga aytiladi.	Ta'sir chiziqlari kesishadigan kuchlar sistemasiga aytiladi.	Ta'sir chiziqlari parallel bo'lmagan kuchlar sistemasiga aytiladi.	Ta'sir chiziqlari parallel bo'lgan kuchlar sistemasiga aytiladi
25	$\overline{F}$ kuch koordinata o'qlari bilan mos ravishda α, β, γ burchaklar tashkil qilsa uning o'qlardagi proyektsiyalari qanday aniqlanadi ?	* $F_x = F\cos\alpha$ $F_y = F\cos\beta$ $F_z = F\cos\gamma$	$F_x = F\cos\beta$ $F_y = F\sin\beta$ $F_z = F\sin\gamma$	$F_x = F\cos\alpha$ $F_y = F\cos\beta$ $F_z = F\sin\gamma$	$F_x = F\sin\beta$ $F_z = F\sin\gamma$
26	$\overline{F}_i(F_{xi}, F_{yi}, \overline{F}_{zi})\ i = 1\overline{u}$ kesuvchi kuchlar sistemasi bo'lsa, ularning teng ta'sir etuvchi $\overline{R}$ ning miqdori qanday bo'ladi ?	* $R = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{u} F_{xi}\right)^2 + \sum_{i=1}^{u} (F_{yi})^2 + \left(\sum_{i=1}^{u} F_{iz}\right)}$	$R = \sqrt{\sum_{i=1}^{u} F_{xi}^2 + \sum_{i=1}^{u} F_{yi}^2 + \sum_{i=1}^{u} F_{zi}^2}$	$R = \sqrt{\sum_{i=1}^{u}\sum_{i=1}^{u}(F_{xi} + F_{zi})^2}$	$R = \sqrt{\sum_{i=1}^{u} F_{xi}^2} + \sqrt{\sum_{i=1}^{u} F_{yi}^2} + \sqrt{\sum_{i=1}^{u} F_{zi}^2}$
27	Fazoda kesishuvchi $\overline{F}_i$ kuchlar ta'siridagi erkin jismning muvozanat tenglamalari qanday ko'rinishda bo'ladi ?	* $\sum_{i=1}^{u} \overline{F}_i = 0$	$\sum_{i=1}^{u} F_i = 0$	$\sum_{i=1}^{u} F_{xi} = 0,$	$\sum_{i=1}^{u} F_{yi} = 0,\ \sum_{i=1}^{u} F_{iz} = 0$
28	Bir tekislikda yotuvchi va o'zaro parallel bo'lmagan uch kuch muvozanatlashsa....	*Ularning ta'sir nuqtalari bir nuqtada kesishadi.	Ularning ta'sir chiziqlari ikki nuqtada kesishadi.	Ularning ta'sir chiziqlari kesishmaydi.	Ularning ta'sir chiziqlari uchta nuqtada kesishmaydi.
29	$\overrightarrow{A}B = \overline{F}$ kuchning O markazga nisbatan matematik formulasi:	* $\overline{M}_0(\overline{F}) = \overrightarrow{OA} \times \overline{F}$	$\overline{M}_0(\overline{F}) = \overrightarrow{OB} \times \overline{F}$	$\overline{M}_0(\overline{F}) = \lvert\overrightarrow{OA}\rvert \lvert\overline{F}\rvert \sin(\overrightarrow{OA}\,\hat{}\,\overline{F})$	$\overline{M}_0(\overline{F}) = \lvert\overrightarrow{OA}\rvert \cdot \lvert\overline{F}\rvert \cos(\overrightarrow{OA}\,\hat{}\,\overline{F})$

		$\overline{M}_0(\overline{F}) = \vec{OB} \times \overline{F}$			
30	$\overline{M}_0(\overline{F})$ Oz o'qi bilan γ burchak tashkil qilsa, $\overline{F}$ kuchning z o'qqa nisbatan momenti …. ko'rinishda aniqlanadi.	* $M_z(\overline{F}) = M_0(\overline{F})\cos\gamma$ $M_z(\overline{F}) = M_0(\overline{F})\sin\gamma$	$M_z(\overline{F}) = M_0(\overline{F})\cos 2\gamma$	$M_z(\overline{F}) = M_0(\overline{F})\sin\gamma$	$M_z(\overline{F}) = M_0(\overline{F})\sin 2\gamma$
31	Ta'rifni to'ldiring: Miqdorlari teng, ... ikki kuch juft kuch deyiladi.	* ta'sir chiziqlari bir to'g'ri chiziqda yotmaydigan, parallel va qarama-qarshi yo'nalgan…	parallel va qarama-qarshi yo'nalgan ...	qarama-qarshi yo'nalgan ...	ta'sir chiziqlari bir to'g'ri chiziqda yotmaydigan ...
32	Teoremani to'ldiring: Agar juft kuchni ... juft kuch bilan almashtirilsa, juft kuchning jismga ta'siri o'zgarmaydi.	*Shu juft kuch tekisligida yotuvchi va momenti berilgan juft kuchning momentiga teng bo'lgan ...	momenti juft kuch momentiga teng bo'lgan....	juft kuch tekisligida yotuvchi ...	shu juft kuch tekisligida yotmaydigan ....
33	Teoremani to'ldiring: Juft kuch momenti ... ixtiyoriy nuqtaga nisbatan momentlarining algebraik yig'indisiga teng.	*uni tashkil etuvchi kuchlarning shu juft kuch yotgan tekislikdagi ...	uni tashkil etuvchi kuchlarning shu juft kuch yotgan tekislikka perpendikulyar bo'lgan tekislikdagi ...	uni tashkil etuvchi kuchlarning	uni tashkil etuvchi kuchlarning shu juft kuch yotmagan tekislikdagi ...
34	Teoremani to'ldiring: Bir tekislikda yotuvchi juft kuchlar sistemasini ... algebraik yig'indisiga teng.	*birgina juft kuchga ekvivalent bo'lib, uning momenti berilgan juft kuchlar momentlarining	momenti O markazga nisbatan momentlarning ish …	moment ular kesishishlar markaziga nisbatan momentlarning	uning momenti berilgan juft kuchlar momentlarining qarama-qarshi ishora bilan olingan ….
35	Quyidagi tasdiqlardan qaysi bir to'g'ri ?	*Juft kuchni o'zining ta'sir tekisligiga parallel tekisllika ko'chirilsa, uning jismga ta'sir o'zgaradi.	Juft kuch momenti o'zgartirmay juft kuchni o'z ta'sir tekisligida ixtiyoriy xolatga keltirish mumkin.	Juft kuch momentini o'zgartirmay uning tashkil etuvchilari va yelkasi o'zgartirilsa, juft kuchning jismga ta'siri o'zgarmaydi.	Bir tekislikda yoki parallel tekisliklarda yotuvchi, momentlari teng bo'lgan ikki juft kuch o'zaro ekvivalent bo'ladi.
36	Teoremani to'ldiring: Ikki kesuvchi tekisliklarda joylashgan ikkita juft kuchlar geometrik yig'indisiga teng.	*yolg'iz juft kuchga ekvivalent bo'lib, uning momenti berilgan juft kuchlar momentlarining ...	momenti berilgan juft kuchlarning ...	bu kuchlar ...	bu kuchlar momenti juftlarning qarama-qarshi ishora bilan olingan...