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

NIZOMIY NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT PEDAGOGIKA
UNIVERSITETI

B.K.Muxamedcaidov, R.B.Daminova

Texnik mexanika

o‘quv qo‘llanma

Ta’lim yo’nalishi: 5112100 - Mehnat ta`limi

Toshkent – 2014

Mazkur o‘quv qo‘llanmada nazariy ma’lumotlar, mavzuga oid masala yechim namunalari, chizmalari, talabalar bilim darajasini sinash uchun test savollari, asosiy atamalarning qisqacha ma’nosi (Glossariy) keltirilgan.

O‘quv qo‘llanma pedagogika universiteti Kasb ta’limi fakulteti talabalari uchun mo‘ljallangan.

В книге изложены теоретические предпосылки, решение задач для темы, чертежи, тестовые вопросы для проверки знаний, а также основные понятия (Глоссарпй)

Книга предназначена для студентов Професспональное образования педагогического университета в качестве учебного пособпя

In the book theoretical preconditions, the decision of problems for a theme, drawings, test questions for checking knowledge, and also the basic concepts (Glossary) are stated

The book is considered for the students of Professional education of the Pedagogical university as the manual

Kasb ta’limi fakulteti ,
“Umumtexnika fanlari” kafedrasi B.K.Muxamedsaidov
R.B.Daminova

Taqrizchilar: prof. SH.Alimuxamedov
dosent S.A.Boltaboyev

Nizomiy nomidagi Toshkent Davlat Pedagogika universiteti kengashining 2014 yil ... ...- sonli qarori asosida nashrga tavsiya etilgan.

Оглавление

Раздел -1. Теоретическая механика

Предисловие 6

Статика

ГлаваI. Статика твердого тела

1.Основные понятия и определения статики.....8

2. Основные аксиомы статики….....9

3. Связи и реакция связи ……......10

ГлаваII. Система сходящихся сил

1. Спстема сходящихся сил……......12

2. Проекция силы на ось…….....13

3. Момент силы относительно точки.....14

ГлаваIII. Парасил

1. Системапараллельные силы 17

2. Пара сил и момент пара сил 20

3. Сложения пара сил.....21

Глава IV. Плоская и пространственная система произвольно расположенных сил

1. Приведение силы к точке.....22

2. Равновесиепроизвольнорасположенных плоской системы сил.....24

3. Статически определимые и статически неопределимые задачп.....24

4. Пространственная система сил.....27

5. Равновесиепроизвольнорасположенных пространственная системы сил.....28

6. Приведение пространственной системы сил к простейщему виду.....29

7. Трение…….....31

Глава V. Цеитр тяжести.

1. Центр тяжести.....33

2. Центры тяжести площадей. Статические моменты площадей.....35

Кинематика

Глава I . Кинематика точки

1. Основные понятия 39

2. Кинематика точки.Способы задания движения точки.....40

Глава**II. Скорость и ускорение точки**

1. Вектор скорости задания движения точки 42

2. Координатная скорость задания движения точки….....43

3. Естественный скорость задания движения точки 44

4. Вектор ускорения задания движения точки.....45

5. Координатная ускорения задания движения точки.....46

6. Естественный ускорения задания движения точки. Касательное и нормальное ускорения точки.....47

Глава III . Киематика твердого тела
1. Поступательное движение твердого тела 53
2. Вращательное движение твердого тела вокруг оси.....54
3. Угловая скорость вращательное движение.Равномерное вращения.....55
4.Плоскопараллельное движение твердого тела.....56
5.Мгновенный центр скорости.....58
6. Ускорений точек плоской фигуры.....59
7. Мгновенный центр ускорений.....60

Дииамика

Глава I. Дииамика материальиой точки и динамика системы
1. Основные понятия и основные законы динамики..... 62
2.Механическая система динамики.....65

Глава II.Общие теоремы дииамики
1. Количество движения матерпальной точки и механической системы.....67
2.Теорема об изменения количества движения матерпальной точки 67
3. Теорема об изменения количества движения системы 68
4. Работа сплы. Мощность.....69
5. Кинетическая энергпя точки и системы 70
6. Кинетическая энергпя твердого тела.....71
7. Потенциальное спловое поле.....71
8. Потенциальная энергпя 72
9. Закон сохранения механической энергии системы.....72
Тестовые вопросы по Теоретической механики 75
Краткие содержание основных терминов (Глоссарпй).....85

Раздел- 2. Теория механизмов и машин

Глава I. Теория механизмов и машин

1.Виды механизмов и их устройство 92
2.Основные виды механизмов.....93

Глава II .Устройство механизмов

1.Общие понятия о связах.....95
2.Классификация кинематических пар.....97
3.Кинематические цепп и их виды.....100
4.Формула устройство механизмов действующие в плосткости (Формула академика П.И.Чебышева).....101
5.Составит план различных положение механизмов.....102
6.Иайти скорость и ускорения точек звеньев механизмов движущпеся в плоскости.....105

7. Изучение кинематику механизмов прп помощи кинематических
дпаграмм.....106
8. Дифференцирование методом касательной 109
9. План скоростей для механизмов.....112
10. Для механизмов 2 класса составить план ускорений 118
Тестовые вопросы по курсуТеорпя механизмов и машин.....123
Краткие содержание основных терминов (Глоссарпй).....129

Раздел -3. Детали машина

Глава I. Общне сведения по расчету и коиструктированию деталей машин.

1.Цель курса деталей машин.....132
2.Требования предъявляемься к деталям и узлам машин.....132
3.Критерии работоспособности деталей машин.....133

ГлаваII. Механические передачп

1.Понятие о механических передачах.....134
2.Фрикционная передача.....135
3.Ременная передача.....135
3. Размеры и виды клиноременных передач.....137
4.Зубчатые передачи.....140
5. Косозубые цилиндрические передачи.....143
6. Конические зубчатые передачи 144
7.Червячные передачи.....145
8. Цепные передачи.....147
9. Валы и оси.....148
10.Подшппники 149
11. Муфты.....151
Тестовые вопросы по курсу Деталп машин.....153
Краткие содержание основных терминов (Глоссарпй).....160

Списокиспользоваииыхлитератур..... 163

Table of Contents

Section - 1. Theoretical Mechanics

Foreword 6

Statics

Chapter I. Statics of rigid body

1. Basic concepts and definitions of statics 8
2 .The basic axioms of statics 9
3. Communication and response communication 10

Chapter II. System converging forces

1. The system of converging forces 12
2 .The projection of force on the axle 13
3. Moment of force about the 14

Chapter III. pair of forces

1. The system of parallel forces 17
2. Pair of forces and the pair forces 20
3.Addition of steam сил.....21

Chapter IV. Flat and spatial system randomly placed forces

1. Bringing power to the point 22
2. Equilibrium arbitrarily located plane system of forces 24
3. Statically determinate and statically indeterminate problems 24
4. Spatial force system 27
5. Equilibrium randomly located spatial system сил.....28
6. Reduction of the spatial system of forces to prosteyschemu mind 29
7. Трение…….....31

Chapter V. The center of gravity.

1. Center тяжести.....33
2. Centers of gravity of space. Static moment of area 35

Kinematics

Chapter I. kinematics of points

1. Basic concepts 39
2. Kinematics tochki.Sposoby reference point motion 40

Chapter II. The speed and acceleration of a point

1. The velocity vector of the point of reference motion 42
2. The coordinate velocity reference point motion ... .43
3. The natural rate of job movement point 44
4. The acceleration vector point motion tasks 45
5. Coordinate acceleration reference point motion 46
6. Natural accelerate job movement point. Tangent and normal acceleration point.....47

Chapter III. Kinematics of rigid body

1. Translational motion of a rigid body 53
2 .The rotational motion of a rigid body around an axis 54
3. Angular velocity rotary motion. Uniform rotation 55

4. Plane-parallel motion of a rigid body 56
5. Instant center speed 58
6. Points of a plane figure acceleration 59
7. Instant center accelerations 60
Dynamics
Chapter I. Dynamics of material point and the dynamics of the system
1. Basic concepts and fundamental laws of dynamics 62
2. The mechanical system dynamics 65
Chapter II. General theorems of dynamics
1. Number of motion of a mechanical system and 67
2. A theorem on change of momentum of a material point 67
3. Theorem 3 of change of momentum of the system 68
4. Work force. Мощность.....69
5. Kinetic energy of a point system and 70
6. The kinetic energy of the solid 71
7. Potential forcefield 71
8. Potential Energy 72
9. The law of conservation of mechanical energy of the system 72
Test questions on the theoretical mechanics 75
Brief content of key terms (Glossary) 85
Section - 2 Theory of mechanisms and machines
Chapter I. Theory of mechanisms and machines
1.Vidy mechanisms and their device 92
2.Core views механизмов.....93
Chapter II. device mechanisms
1.General Concepts связах.....95
2.Klassifikatsiya kinematic pairs 97
3.Kinematicheskie chains and their views 100
4.Formula device mechanisms operating in the working plane (Formula Academician P.I.CHebisheva).....101
5.Sostavit plan different position mechanisms 102
6. Nayti speed and acceleration of points in the moving parts of machinery илоскости.....105
7. Studying the kinematics of mechanisms using kinematic диаграмм.....106
8. Differentiation by tangent plan 109
9. Speed drive to 112
10. For class 2 mechanisms to plan accelerations ... .118
Test questions on the course Theory of mechanisms and machines 123
Brief content of key terms (Glossary) 129
Section 3. details of the machine
Chapter I. General information on the calculation and konstruktirovaniyu machine parts.
1. The purpose of the course of machine parts 132
2. Requirements predyavlyaemsya to detail and units of machines 132
3. Kriterii performance machine parts 133

Chapter II. mechanical transmission

1.Ponyatie of mechanical transmission 134
2. Friction передача.....135
3. Belt передача.....135
4. Dimensions and types of V-belt transmission 137
5. Zubchatye transmission 140
6. Helical transmission 143
7. Bevel gears 144
8.Chervyachnye передачи.....145
9. Chain передачи.....147
10. Shafts and оси.....148
11.Podshipniki 149
12. Муфты.....151
Test questions on the course Machine parts 153
Brief content of key terms (Glossary) 160
List of references 163

Mundarija

1 – qism. Nazariy mexanika

Kirish..... 6

Statika

I bob. Qattiq jism statikasi

1. Asosiy tushunchalar, atamalar va ta'riflar 8
2. Statikaning asosiy aksiomalari..... 9
3. Bog'lanish va bog'lanish reaksiyalari.....10

II bob. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar

1. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi.....12
2. Kuchning o'qqa proyeksiyasi.....13
3. Nuqtaga nisbatan kuch momenti (kuchning statik momenti).....14

III bob. Juft kuchlar nazariyasi

1. Parallel kuchlar sistemasi.....17
2. Juft kuch va juft kuch momenti.....20
3. Juft kuchlarni qo'shish.....21

IV bob. Tekislikda va fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi

1. Kuchni berilgan nuqtaga keltirish.....22
2. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar ta'siridagi jismning muvozanat sharti.....24
3. Statik anik masala.....24
4. Bir nuqtada kesishuvchi fazoviy kuchlar sistemasi.....27
5. Fazoviy kuchlar sistemasining muvozanat shartlari.....28
6. Fazoviy kuchlar sistemasini juft kuchga yoki teng ta'sir etuvchiga keltirish.....29
7. Ishqalanish.....31

V bob. Og'irlik markazi. Muvozanat turg'unligi

1. Og'irlik markazi.....33
2. Yuzalarning og'irlik markazi. Yuzalarning statik momenti.....35
3. Muvozanat turg'unligi. Jism muvozanatining turg'unligi tushunchasi.....36
4. Jismning turg'unlik sharti.....36

Kinematika.

I bob. Nuqta kinematikasi

1. Asosiy tushunchalar.....39
2. Nuqta kinematikasi. Nuqta harakatini berilish usullari.....40

II bob. Nuqtaning tezligi va tezlanishi

1. Harakati vektor usulida berilgan nuqtaning tezligi.....42
2. Harakati koordinalar usulida berilgan nuqtaning tezligi 43
3. Harakat tabiiy usulda berilgan nuqta tezligi.....44
4. Harakat vektor usulida berilgan nuqtaning tezlanishi.....45
5. Harakati koordinatalar usulida berilgan nuqtaning tezlanishi.....46
6. Harakati tabiiy usulda berilgan nuqtaning tezlanishi. Urinma va normal tezlanish.....47

III bob. Qattiq jism kinematikasi
1. Qattiq jismning ilgarilanma harakati.....53
2. Qattiq jismning qo‘zg‘almas o‘q atrofidagi aylanma harakati.....54
3. Aylanma harakatning burchak tezligi. Tekis aylanma harakat.....55
4. Qattiq jismning tekis parallel harakati..... 56
5. Tezliklarning oniy markazi.....58
6. Tekis shakl nuqtasining tezlanishi.....59
7. Tezlanishlarning oniy markazi.....60

Dinamika

I bob. Moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasi.
1. Dinamikaning asosiy tushunchalari va asosiy qonunlari 62
2. Mexanik sistema dinamikasi.....65

II bob. Dinamikaning umumiy teoremalari
1. Moddiy nuqta uchun harakat miqdori va mexanik sistemaning harakat miqdori..... 67
2. Moddiy nuqta harakat miqdorining o‘zgarishi haqidateorema.....67
3. Sistema harakat miqdorining o‘zgarishi haqidagi teorema.....68
4. Kuchning ishi va quvvati.....69
5. Nuqta va sistemaning kinetik energiyasi.....70
6. Qattiq jismning kinetik energiyasi.....71
7. Potensialli kuch maydoni.....71
8. Potensial energiya.....72
9. Sistema mexanik energiyasining saqlanish qonuni.....72

Nazariy mexanikadan test savollari.....75
Asosiy atamalarning qisqacha manosi (Glossariy) 85

2 – qism. Mexanizmlar va mashinalar nazariyasi

I bob. Mashina va mexanizmlar nazariyasi.
1. Mexanizmlarning turlari va ularni tuzilishlari.....92
2. Mexanizmlarning asosiy turlari.....93

II bob. Mexanizmlarning tuzilishi
1. Bog‘lanishlar to‘g‘risida umumiy tushuncha.....95
2. Kinematik juftlarning klassifikatsiyasi.....97
3. Kinematik zanjirlar va ularning turlari.....100
4. Tekislikda harakat qiluvchi mexanizmlarning tuzilish formulasi (akademik P. L. Chebishev formulasi).....101
5. Mexannzmlarning turli vaziyatdagi planlarini tuzish.....102
6. Tekislikda harakatlanuvchi mexanizm zveno nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini topish.....105
7. Kinematik diagrammalar yordami bilan mexanizmlar kinematikasini o‘rganish (grafik kinematika).....106
8. Urinmalar metodi bilan differensiallash.....109
9. Mexanizmlar uchun tezliklar plani.....112

10. II klass mexanizmlar uchun tezlanishlar planini tuzish.....118
Mexanizm va mashinalar nazariyasi test savollari.....123
Asosiy atamalarning qisqacha manosi.....129

3– qism. Mashina detallari

I bob. Mashina detallarini hisoblash va loyihalashga doir umumiy ma'lumotlar

1. Mashina detallari fanining maqsadi.....132
2. Mashina detallari va uzellariga quyiladigan asosiy talablar.....132
3. Mashina detallarining ishlash qobiliyatini belgilovchi mezonlar.....133

II bob. Mexanik uzatmalar

1. Mexanik uzatmalar haqida ma'lumot 134
2. Friksion uzatmalar.....135
3. Tasmali uzatmalar.....135
4. Ponasimon tasma turlari va o'lchamlari 137
5. Tishli uzatmalar.....140
6. Qiya tishli silindrsimon g'ildirakli uzatmalar.....143
7. Konussimon tishli gildirakli uzatmalar.....144
8. Chervyakli uzatma.....145
9. Zanjirli uzatma lar.....147
10. Val va o'qlar.....148
11. Podshipniklar 149
12. Muftalar.....151

Mashina detallari fanidan test savollari..... 159
Asosiy atamalarning qisqacha manosi.....160

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati.....163

Kirish

Mehnat unumdorligini oshirish yo‘lidagi asosiy omillardan biri ishlab chiqarishni texnik jihatdan takomillashtirish, ishlab chiqarishga yangi mashina, mexanizm va texnologiyalarni joriy qilib, uning texnikaviy darajasini oshirib borishdan iboratdir.

Tabiat fanlari ichida “Texnik mexanika” fani texnikaning ilmiy asoslaridan biridir.

Turmushning barcha sohalarida turli konstruksiyali mashinalar, asboblar, turli qattiq va suyuq materiallar va gazlar bilan ish olib borishga to‘g‘ri keladi. Har qanday texnologik jarayonni to‘g‘ri tashkillashtirish uchun optimal o‘lchash va tasnifga ega bo‘lgan mashina va mexanizmlar, mashinalar tarkibidagi harakatlanuvchi detallar tayyorlanadigan materiallarning mexanik xossalarini chuqur o‘rganish lozim. Ayniqsa, texnologik jarayonning borishini ta’minlash uchun mashina detalining harakati vaqtidagi o‘zgarishini (deformatsiyasini) hisobga olmoq lozimdir.

Texnik mexnika fanda ko‘pgina maxsus texnik fanlarni o‘rganish uchun tayanch hisoblangan mexanika asoslari (nazariy mexanika, materiallar qarshiligi, mexanizm va mashinalar nazariyasi va mashina detallari) fanlarining asoslari bayon etiladi.

Nazariy mexanika - moddiy jismning harakat qonunlari va xossalari hamda muvozanat shartlarini o‘rganadi.

Mexanik masalaning qanday nuqtai nazardan qo‘yilishiga qarab, nazariy mexanika fani ***statika, kinematika*** **va** ***dinamika*** qismlariga bo‘linadi.

Moddiy jismlarga qo‘yilgan kuchlar va kuchlar sistemasi, ularni ta’sir jihatdan teng bo‘lgan kuchlar bilan almashtirish, muvozanat masalalari mexanikaning ***statika*** bo‘limida tekshiriladi.

Jismlarning harakatini ularning massasi va ularga ta’sir etuvchi kuchlarga bog‘lamay, faqat geometrik nuqtai nazardan tekshirish masalasi ***kinematika*** bo‘limida tekshiriladi.

Dinamika – moddiy jismlarning harakati shu harakatni keltirib chiqaruvchi kuch bilan birgalikda tekshiriladi.

Nazariy mexanika fanining qonunlari materiallar qarshiligi, mexanizm va mashinalar, mashina detallari va h.k. fanlar uchun xilma-xil texnik masalalarni yechishda qo‘llaniladi.

Mexanizm va mashinalar nazariyasi – mexanizmlarning tuzilishi, ularning kinematikasini va dinamikasini analiz va sintez qilish to‘g‘risidagi fandir.

Materiallar qarshiligi – mashina, mexanizm va inshoot qismlarini mustahkamlikka, bikrlikka va ustuvorlikka hisoblash usullarini o‘rgatadi.

Mashina detallari – asosan texnikada uchraydigan detallarning ajraluvchan va ajralmas birikmalari, uzatmalar va uzatmalarning detallari va ularni loyihalash haqidagi fandir.

1 – qism

Nazariy mexanika

Statika

I bob. Qattiq jism statikasi

Nazariy mexanika materiyaning asosiy va oddiy xarakterlaridan beri bo‘lgan – moddiy jismlarning mexanik harakatidagi umumiy qonunlarni tekshiradi va shu harakat davomida hosil bo‘lgan masalalarni yechish usullarini o‘rganadi.

Vaqt o‘tishi bilan moddiy jismlarning bir-birilariga nisbatan fazoda ko‘chishi mexanik harakat deyiladi.

Nazariy mexanika fani, mexanik masalaning qanday nuqtai nazardan qo‘yilishiga qarab, uch qismga: ***statika, kinematika*** *va* ***dinamikaga*** bo‘linadi.

1. ***Statika*** – kuchlar ta’siridagi jismning muvozanat shartini tekshiradi.
2. ***Kinematika*** – jismlarning harkatini, ularning massasi va ularga ta’sir etuvchi kuchlarga bog‘lamay, faqat geometrik nuqtai nazardan tekshirish masalasini o‘rgatadi.
3. ***Dinamika*** – jism harakatini unga qo‘yilgan kuch ta’siri bilan birgalikda tekshiradi, ya’ni kuch va kuch ta’siridan vujudga kelgan harakat orasidagi bog‘lanishlarni o‘rganadi.

1. Asosiy tushunchalar, atamalar va ta’riflar.

Nazariy mexanika fani bizni o‘rab turgan moddiy dunyodagi obyektlarni tinch turgan, harakatdagi va tashqi, hamda ichki kuchlar ta’siridagi holatlarini va harakatlarini o‘rganadi. Bu jarayonda o‘rganilayotgan obyetlarni ***moddiy nuqta*** va ularni ***absolyut qattik jism*** deb faraz qilinadi.

Moddiy nuqta - harakati yoki muvozanatini tekshirishda o‘lchamlari va shaklining ahamiyati bo‘lmagan, massasi bir nuqtada joylashgan deb tasavvur qilinadigan jism tushuniladi.

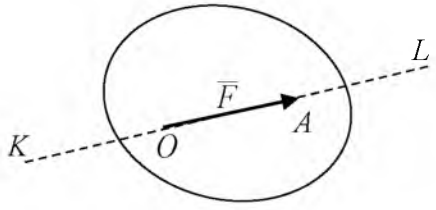
Absolyut qattiq jism - kuch ta’sirida qaralayotgan jismning ixtiyoriy ikkita nuqtasi orasidagi masofa doimo o‘zgarmasdan qolgan jismga aytiladi.

Tabiatda absolyut qattiq jism yo‘q, har qanday jism oz bo‘lsada defo**rmatsiyalanadi – shakli o‘zgaradi.**

Kuch - jismlarning bir-biriga ko‘rsatgan o‘zaro ta’sirlarning miqdor o‘lchovi. Kuchning jismga ta’siri uning uchta belgisi bilan aniqlanadi.

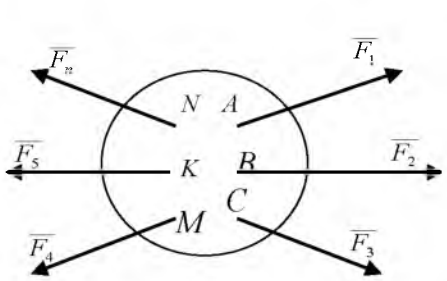
a) kuch qo‘yilgan nuqta
b) kuch yo‘nalishi
v) kuchning skalyar kattaligi (ya’ni, kuchning son qiymati)

Kuchning ta’sir chizig‘i - kuch vektori yotgan chiziq.



KL - chiziq kuch ta’sir chizig‘i.

Kuchlar sistemasi - jismga qo‘yilgan $\overline{F_1}, \overline{F_2}, \overline{F_3} \ldots . \overline{F_n}$ kuchlar to‘plami.



Ekvivalent kuchlar sistemasi - jismga qo‘yilgan kuchlar sistemasi ko‘rsatadigan ta’sirni bera olgan boshqa kuchlar sistemasi, ya’ni

$$\left(\overline{F_1}, \overline{F_2}, \overline{F_3} \ldots . \overline{F_n}\right) \infty \left(\overline{Q_1}, \overline{Q_2}, \overline{Q_3} \ldots . \overline{Q_n}\right)$$

Kuchlar sistemasining teng ta’sir etuvchisi - kuchlar sistemasining jismga ta’sirini yolg‘iz bir kuch bera olgan kuch, ya’ni

$$\left(\overline{F_1}, \overline{F_2}, \overline{F_3} \ldots . \overline{F_n}\right) \infty \left(\overline{R}\right)$$

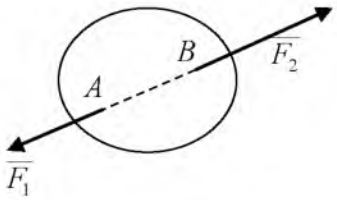
Muvozanatlashgan kuchlar sistemasi - tinch turgan jism unga qo‘yilgan $\left(\overline{F_1}, \overline{F_2}, \overline{F_3} \ldots \overline{F_n}\right)$ kuchlar sistemasi ta’sirida ham tinch holatda qola olgan kuchlar sistemasi, ya’ni $\left(\overline{F_1}, \overline{F_2}, \overline{F_3} \ldots . \overline{F_n}\right) \infty 0$

Erkin jism - fazoda ixtiyoriy tomonga harakatlana olgan jism.

2. Statikaning asosiy aksiomalari

Nazariy mexanikaning statika qismi tajriba va kuzatishlar yordamida aniqlangan qo‘yidagi aksiomalarga asoslanadi:

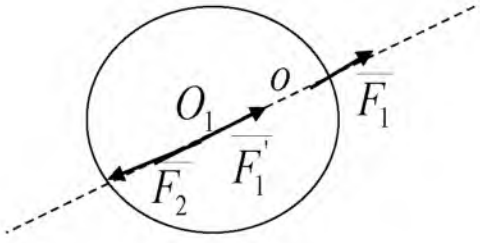
1-aksioma. Erkin jismning istalgan ikki nuqtasiga miqdorlari teng, yo‘nalishi esa shu nuqtalardan o‘tuvchi to‘g‘ri chiziq bo‘yicha qarama-qarshi tomonga yo‘nalgan ikkita kuch ta’sir etsa, bunday kuchlar o‘zaro muvozanatlashadi.



$$\left|\overline{F_1}\right| = \left|\overline{F_2}\right|$$

$$\overline{F_1} = -\overline{F_2} \text{ yoki } \left(\overline{F_1}, \overline{F_2}\right) \infty 0$$

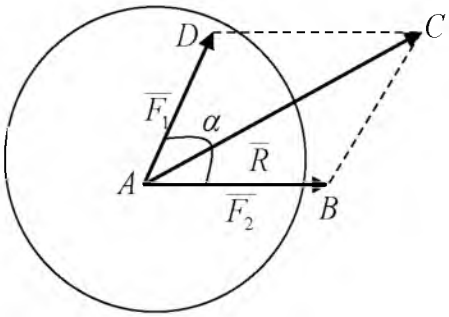
2-aksioma. Nolga ekvivalent sistemaning jismga ta’sir etuvchi kuchlar sistemasiga qo‘shish yoki undan ayirish bilan kuchlarning jismga ta’siri o‘zgarmaydi.



$$\overline{F_1} = \overline{F_1'} = -\overline{F_2'}$$

1 aksiomaga ko‘ra $(\overline{F_1'}, \overline{F_2'}) \infty 0$ bo‘lgani uchun tashlab yuborsak, u holda O_1 nuqtada $\overline{F_1'}$ kuch qoladi. O nuqtaga qo‘yilgan $\overline{F_1}$ kuch o‘rniga O_1 nuqtaga qo‘yilgan $\overline{F_1'}$ kuch qo‘yilgan bo‘ladi. $\overline{F_1}$ va $\overline{F_1'}$ teng.

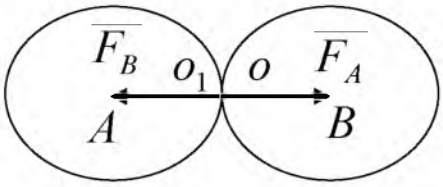
3-aksioma. *(parallelogramm aksiomasi)* Jismning biror nuqtasiga qo‘yilgan turli yo‘nalishdagi ikki kuchning teng ta’sir etuvchisi miqdori jihatdan shu kuchlarga qurilgan parallelogrammning ular qo‘yilgan nuqtadan o‘tuvchi dioganaliga teng bo‘lib, shu dioganal bo‘ylab yo‘naladi.



$$\overline{R} = \overline{F_1} + \overline{F_2}$$

4-aksioma. Jismlaring bir-biriga ta’sir etuvchisi o‘zaro teng va bir to‘g‘ri chiziq bo‘ylab qarama-qarshi tomonga yo‘naladi.

$$\overline{F_A} = -\overline{F_B}$$



5-aksioma. Berilgan kuchlar ta’sirida deformatsiyalanadigan jism muvozanat holatida absolyut qattiq jismga aylansa, uning muvozanati o‘zgarmaydi.

Bu aksioma ***qotish prinsipi*** deyiladi.

3. Bog‘lanish va bog‘lanish reaksiyalari

Jismning harakati yoki holati biror sabab bilan cheklangan bo‘lsa, u ***bog‘lanishdagi jism*** deyiladi. Jismning harakati yoki holatini cheklovchi sabab esa ***bog‘lanish*** deyiladi.

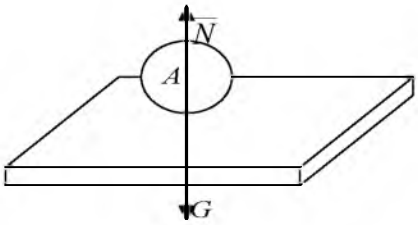
Bog‘lanishning jismga ko‘rsatadigan ta’sirini belgilovchi kuch ***bog‘lanish reaksiya kuchi*** deyiladi.

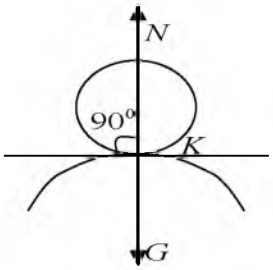
6-aksioma. Bog‘lanishdagi jismning erkin jism shakliga keltirish uchun jism ta’sir etuvchi kuchlar qatoriga bog‘lanish reaksiya kuchini ham qo‘shish kerak.

Bu aksioma jism bog‘lanishdagi ***bo‘shatish aksiomasi*** deyiladi. Bog‘lanishdagi jismlarning harakati qaysi tomonga cheklangan bo‘lsa, reaksiya kuchi shu yo‘nalishga teskari yo‘nalgan bo‘ladi.

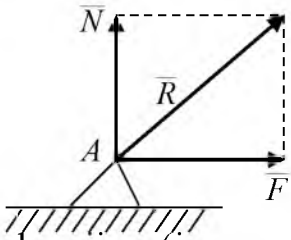
Misol: 1) Gorizontal parallel tekislikda yotuvchi A qattiq jism bilan tekislikka ta’sir qiladi. Parallel tekislik ham o‘z navbatida A jism o‘z og‘irligiga teng N reaksiya kuchi ta’sir qiladi.

2) A jism K nuqtada S sferik sirtga tayanib turibdi. N - normal bo‘yicha yo‘naladi.

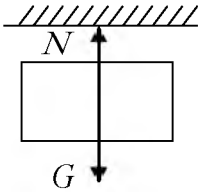




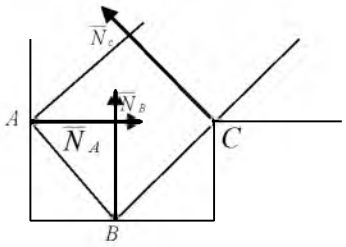
3) Sharnirli qo‘zg‘almas tayanchda bo‘lsa.



4) Og‘irlik bo‘lgan jism egiluvchan jism (ip, arqon, zanjir) yordamida osilgan ipning tortilishi, N reaksiya kuchi hisoblanadi.



5) Jism S va D tayanchlarga A va V nuqtalar bilan tiraladi.



Nazorat savollari

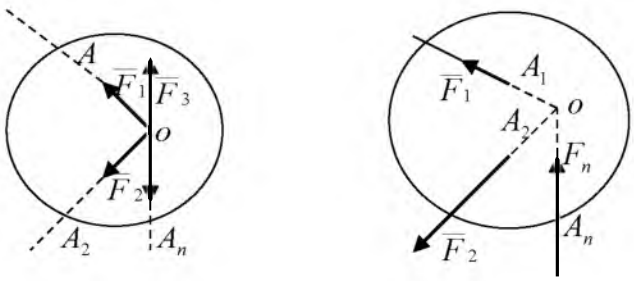
- Nazariy mexanika fani nimani o‘rgatadi?
- Mexanik harakatga ta’rif bering.
- Statika, kinematika, dinamika bo‘limlari izohlang
- Muvozanat, jism, absolyut qattiq jism tushunchalariga ta’rif bering
- Kuch deb nimaga aytiladi? Kuchning qanday belgilari bor
- Statikaning 1, 2 - aksiomalariga ta’rif bering
- Parallelogramm aksiomasini izohlang
- Bog‘lanish deb nimaga aytiladi?
- Erkin bo‘lmagan qattiq jismni erkin jismga aylantirish mumkinmi?
- Bog‘lanish turlarini ayting

II bob. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar

1. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi

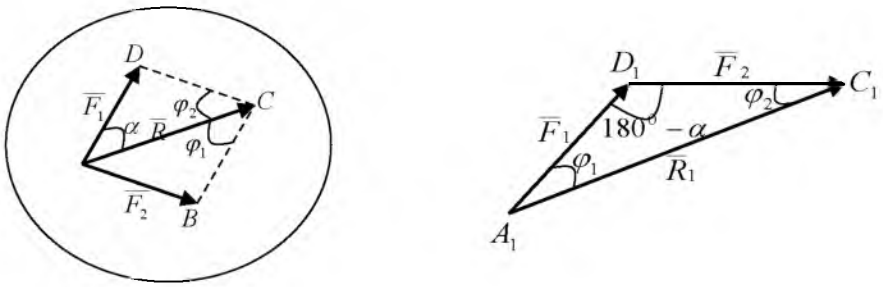
Ta'sir chiziqlari bir nuqtada kesishadigan kuchlar sistemasi ***bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi*** deyiladi. YA'ni jismning A_1, A_2, A_3 .... A_n nuqtalariga, ta'sir chiziqlari O nuqtada kesishadigan tegishlicha F_1, F_2, F_3 .... F_n kuchlar ta'sir etsa, bu kuchlar bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasini tashkil qiladi.

Kuchlarni ularning ta'sir chiziqlari bo'ylab ko'chirish mumkin. Shu tufayli, bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasini doimo bir nuqtaga qo'yilgan kuchlar sistemasi bilan almashtirish mumkin. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlarni ***geometrik yoki analitik usulda*** qo'shish mumkin.



Bir nuqtada kesuvchi ikki kuchni geometrik qo'shish jismning biror A nuqtasiga qo'yilgan va o'zaro α burchakni tashkil etuvchi F_1 va F_2 kuchlarning teng ta'sir etuvchisi, *parallelogramma* aksiomasiga ko'ra, shu kuchlarga qo'shilgan parallelogrammning A nuqtasidan o'tuvchi dioganal bilan ifodalanadi.

Bir nuqtaga ikkita kuchning teng ta'sir etuvchisini kuchlar *uchburchagi* usulida ham aniqlash mumkin. Buning uchun ixtiyoriy A_1 nuqtaga F_1 kuchni qo'yib, bu kuchning uchi D nuqtaga F_2 kuchni o'ziga parallel ravishda keltiramiz. Birinchi kuchning boshi A_1ni ikkinchi kuchni uchi S_1 bilan tutashtiruvchi R vektor teng ta'sir etuvchi kuchni ifodalaydi. Kuchlarni bu usulda qo'shish kuchlar ***uchburchagi usuli*** deyiladi. Teng ta'sir etuvchining modulini A_1, S_1, D_1 dan kosinuslar teoremasiga asosan aniqlaymiz.



$$R^2 = \overline{F_1^2} + F_2^2 - 2\overline{F_1}\,\overline{F_2}\cos\Delta ABC$$

$$\alpha = (\varphi_1 + \varphi_2)$$

$$\Delta ABC = 180^0 - \alpha = -\cos\alpha$$

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cdot \cos\alpha$$

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha} \quad (1)$$

Teng ta’sir etuvchi R kuchning $\overline{F_1}$ va $\overline{F_2}$ kuchlar bilan tashkil qilgan φ_1 va φ_2 burchaklar sinuslar teoremasiga ko‘ra aniqlanadi.

$$\frac{F_1}{\sin\varphi_2}=\frac{F_2}{\sin\varphi_1}=\frac{R}{\sin\left(180^0-\alpha\right)};$$

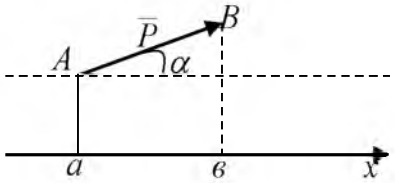
$$F_1=R\frac{\sin\varphi_2}{\sin\left(180^0-\alpha\right)};\qquad F_2=R\frac{\sin\varphi_1}{\sin\left(180^0-\alpha\right)};$$

Kuch paralelogramm yoki kuch uchburchak yordamida teskari masala yechish mumkin, ya’ni kuchni berilgan ta’sir etuvchisiga ajratish mumkin.

2. Kuchning o‘qqa proyeksiyasi.

Bizga matematikadan ma’lumki uzunligi cheksiz bo‘lgan va ma’lum yo‘nalish berilgan to‘g‘ri chiziq *o‘q* deyiladi. Vektorning o‘qdagi proyeksiyasi skolyar miqdordir va vektorning boshi hamda uchidan tushirilgan tiklar orasidagi o‘q kesim uzunligi bilan ifodalanadi. Vektor yo‘nalishi o‘qning qabul qilingan yo‘nalishida bo‘lsa, uning proyeksiyasi musbat hisoblanadi va aks holda manfiy hisoblanadi. Quyida o‘qqa nisbatan har xil holatda bo‘lgan kuch vektorini proyeksiyalashni ko‘rib chiqamiz.

1. R kuchning vektori o‘qqa nisbatan yo‘nalishda o‘tkir burchak tashkil qiladi.

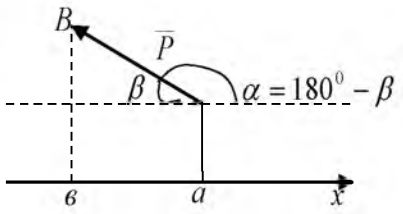


$$P_x=ab=P\cos\alpha$$

2. R kuchning vektori o‘qqa nisbatan yo‘nalishda o‘tmas burchak tashkil qiladi.

$$P_x=ab=P\cos\alpha=-P\cos\beta$$

$$P_x=-P\cos\beta$$



Kuchning o‘qdagi proyeksiyasi o‘tkir burchak kosinusini kuch moduliga ko‘paytirib aniqlanadi. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasining teng ta’sir etuvchi analitik aniqlashni *(proyeksiyalar usuli)* quyidagi misolda ko‘rib chiqamiz. Jismning A_1, A_2, A_3 nuqtalariga tekislikda yotuvchi P_1, P_2, P_3 kuchlar qo‘yilgan. Bu kuchlarning ta’sir chiziqlari A nuqtada kesishadi. Aksiomaga binoan P_1, P_2, P_3 kuchlarni A nuqtaga ko‘chiramiz. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasiga muvozanatda bo‘lishi uchun bu kuchlar sistemasidan qurilgan.

Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanat shartlarining tenglamalari:

1. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanatda bo‘lishi uchun bu kuchlar sistemasidan qurilgan kuch ko‘pburchagi yopiq bo‘lishi kerak. Bu muvozanatning geometrik zarur va kifoya shartlari.

2. Muvozanatning analitik shartlari. Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasining ta’sir etuvchi R = O bo‘lishi uchun uning o‘zaro tik bo‘lgan uchlardagi proyeksiyalar R_X va R_y nolga teng bo‘lishi kerak.

1) $R_x = \sum_{i=1}^{n} P_{ix} = 0 \qquad \sum x = 0$

$R_y = \sum_{i=1}^{n} P_{iy} = 0 \qquad \sum y = 0$

2)

Fazoviy kuchlar sistemasi uchun

$R_x = \sum_{i=1}^{x} P_{ix} = 0 \qquad \sum X = 0$

$R_y = \sum_{i=1}^{n} P_{iy} = 0 \quad \sum y = 0$

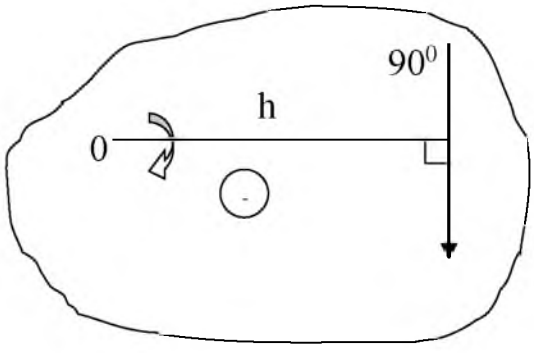
$R_z = \sum_{i=1}^{n} P_{iz} = 0 \qquad \sum Z = 0$

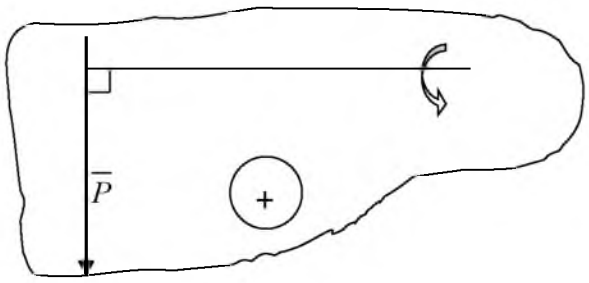
3. Nuqtaga nisbatan kuch momenti (kuchning statik momenti)

Biror nuqtadan kuch ta’sir chizig‘iga tushirilgan tik kesma uzunligi bilan kuch modulining ko‘paytmasiga shu nuqtaga nisbatan kuch momenti yoki kuchning *statik momenti* deb ataladi.

Biror nuqtaga nisbatan kuch momenti olinsa, bu nuqta *moment markazi* deyiladi.

Moment markazidan kuchning ta’sir chizig‘iga tushirilgan tik kesma kuch yelkasi deyiladi.



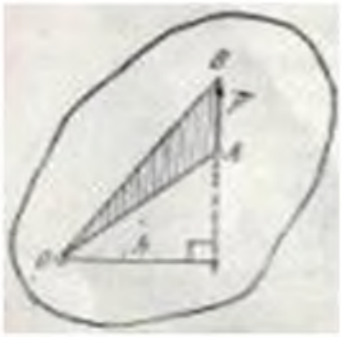


$$M_0(E) + Ph[HM] - M_0(\overline{P}) = \pm \overline{P}h$$

Nuqtaga nisbatan kuch momentining ishorasini shartli ravishda quyidagicha olamiz. Agar kuch moment markazi atrofida jismni soat strelkasi aylanishi bo‘yicha aylantirishga intilsa, *moment manfiy*, aks holda *musbat* deb olinadi.

Nuqtaga nisbatan kuch momenti vektor kattalikdir. Uning yo‘nalishi moment markazidan kuch o‘tgan tekislikka *tik* bo‘lib, uchidan qaralganda kuch tekislikni soat strelkasi aylanishiga nisbatan teskari aylantirishga intiladi.

Nuqtaga nisbatan kuch momenti ta’rifidan quyidagi xulosalarga kelis



$$M_0(\vec{F}) = \pm F \cdot h$$

1. Kuchni o‘z ta’sir chizig‘i bo‘yicha ko‘chirsak, nuqtaga nisbatan kuch momenti o‘zgarmaydi.

2. Kuchning ta’sir chizig‘i moment markazidan o‘tsa, kuch momenti nolga teng bo‘ladi.

3. $\overline{F}$ kuchning boshi va uchini moment markazi O bilan tutashtirib uchburchak AOB ni hosil qilamiz. Bu uchburchakning yuzi $S_{\Delta AOB} = \frac{1}{2}Fh$ bo‘ladi. Buni soddalashtirsak, $\left|M_0(\overline{F})\right| = 2S_{\Delta AOB}$ ekanligini ko‘ramiz. Demak, kuchning nuqtaga nisbatan momenti moduli kuchning boshini va uchini moment markazi bilan tutashtirishdan hosil bo‘ladigan uchburchak yuzining ikkilanganiga teng.

Nazorat savollari

- Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi deb nimaga aytiladi?
- Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasining teng ta’sir etuvchisini geometrik usulda qanday aniqlanadi?
- Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanatining geometrik sharti nimadan iborat?
- Kuchning o‘qdagi proyeksiyasi haqida ma’lumot bering
- Kuchlarni geometrik qo‘shish tartibi bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasining teng ta’sir etuvchisining kattaligiga va yo‘nalishiga ta’sir qiladimi?
- Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanatining analitik shartini ta’riflab bering
- Bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasining muvozanatining shartlarini ayting

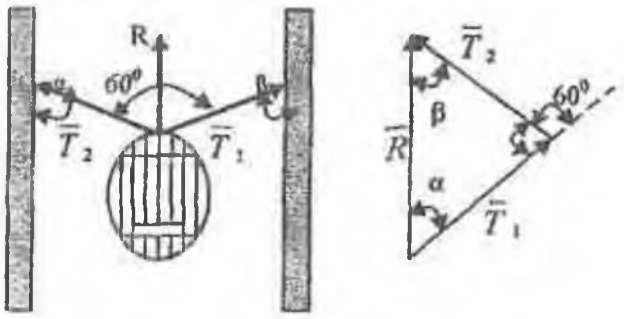
1 - masala.

To‘g‘ri kanalning qirg‘oqlari bo‘ylab o‘zgarmas tezlik bilan yuruvchi ikki traktor kanaldagi qayiqni ikki arqon bilan tortib boradi. Arqonlarning tortilish kuchlari 0,8 kN va 0,9 kN ga va ular orasidagi burchak 60^0 ga teng.

Agar qayiq kanalning qirg‘oqlariga parallel ravishda harakatlansa, qayiqning harakati vaqtida unga suvning ko‘rsatadigan qarshiligi R va arqonlar bilan qirg‘oqlar orasidagi hosil bo‘lgan α va β burchaklar topilsin.

Yechish: qayiq qirg‘oqlarga parallel harakatqilgani uchun suvning qarshilik kuchi R ning teng ta’sir etuvchisi R ni, ya’ni muvozanatlashtiruvchi kuch suvning qashilik kuchi R ga teng va qirg‘oqqa paralleldir. Demak, R (suvning qarshimlik kuchi) R ga

teng va unga qarama – qarshi yo‘nalgan. Oldin qayiqqa ta’sir qilayotgan kuchlarning sxemasini tuzamiz.



So‘ngra kuch uchburchagini yasaymiz. Kuch uchburchagining ikki tomoni va ular orasidagi burchak ma’lum. Bu uchburchakni (4) va (5) formulalar orqali yechamiz, u holda:

$$R = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + 2T_1T_2\cos(\alpha+\beta)} = \sqrt{0{,}8^2 + 0{,}96^2 + 2\cdot 0{,}8\cdot 0{,}96\cdot\cos 60^0} = 1{,}53H$$

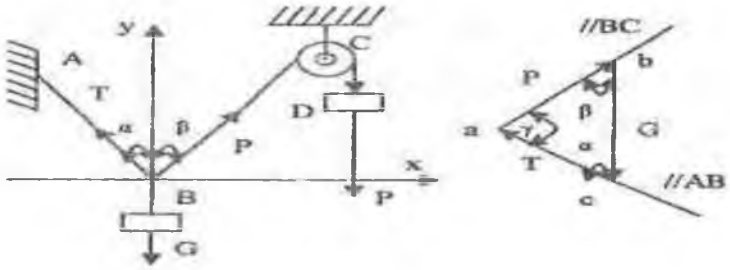
Demak, R = R = 1,5

$$\frac{0{,}96}{\sin\beta} = \frac{0{,}8}{\sin\alpha} = \frac{1{,}53}{\sin 60^0} \qquad \sin\beta = \frac{0{,}96\cdot\sqrt{3}}{1{,}53\cdot 2} = 0{,}543 \qquad \sin\alpha = \frac{0{,}8\cdot\sqrt{3}}{1{,}53\cdot 2} = 0{,}453$$

Bundan $\alpha = 33^0$ va $\beta = 27^0$

2 - masala.

Bir uchi A nuqtaga mahkamlangan AB arqonning B nuqtasiga G yuk va osilgan arqonning BCD qismi blok orqali o‘tkazilib, D uchiga og‘irligi $P = 100\ N$ tosh osilgan.Ishqalanish kuchini hisobga olmasdan AB arqonning tarangligini T va G yukning og‘irligi aniqlansin, bunda kuchlar muvozanati holatida arqonning vertikal bilan hosil qilgan burchaklari $\alpha = 45^0$ va $\beta = 60^0$ ekanligi ma’lum.



Yechish: Analitik usulda

1. B tugunning muvozanatini tekshiramiz.
2. Tugunga ta’sir qiluvchi aktiv P va G kuchlarni tasvirlaymiz
3. B tugunni bog‘lanishlardan ozod qilamiz. Uning uchun bog‘lanish AB arqondan iborat. Bog‘lanishni T reaksiya bilan almashtiramiz.
4. Koordinatalar boshini B nuqtada olib, X va Y o‘qlarini chizmada tasvirlangandek yo‘naltiramiz.
5. Muvozanat tenglamalarini tuzamiz. $\sum_{k=1}^{n} X_k = 0; \sum_{k=1}^{n} Y_k = 0$ ga ko‘ra

$$\sum X = P\sin\beta - T\sin\alpha = 0\ , \qquad \sum Y = P\cos\beta + T\cos\alpha - G = 0$$

Birinchi tenglamadan quyidagi kelib chiqadi:

$$T = \frac{P \cdot \sin\beta}{\sin\alpha} = \frac{100\sin 60^0}{\sin 45^0} = 122H$$

Ikkinchi tenglamadan: $G = P\cos\beta + T\cos\alpha = 100 \cdot \cos 60^0 + 122 \cdot \cos 45^0 = 137H$

Arqonning yo‘nalishi T reaksiyaga teng ekan, lekin unga qarama – qarshi yo‘nalgan. Ixtiyoriy a nuqtadan kuch ko‘pburchagini quramiz. Muvozanatda bo‘lishi uchun ko‘pburchak yopiq bo‘ladi. Qurishda masshtabga rioya qilinmasa ham bo‘ladi. R kuchning kattaligi va yo‘nalishi ma’lum bo‘lganligidan ko‘pburchak qurishni o‘shandan boshlash kerak. Bu kuch vektorining v uchidan G kuchning ta’sir chizig‘iga parallel qilib to‘g‘ri chiziq o‘tkazamiz. R kuch vektorining a uchidan esa T kuchining ta’sir chizig‘iga parallel qilib, to‘g‘ri chiziq o‘tkazamiz. Bu chiziqlar s nuqtada kesishadi. Hosil bo‘lgan kuch ko‘pburchagining burchaklarini asosiy chizma bilan solishtiriladi, $\angle abc = yBC = \beta$ va $\angle bac = \angle ABy = \alpha$ ekanligiga ishonch hosil qilish mumkin, chunki bu burchaklar o‘zaro parallel burchaklardir. Demak, kuch uchburchakning uchinchi burchagi

$= 180^0 - (\alpha + \beta) = 180^0 - (45^0 + 60^0) = 75^0$ bo‘ladi.

Shunday qilib, kuch ko‘pburchagida quyidagilar ma’lum: tomoni $av = P = 100\ N$ va uchala burchagi, $vs = G$ va $as = T$ noma’lum tomonlarini sinuslar teoremasidan topamiz: $\frac{P}{\sin\alpha} = \frac{G}{\sin y} = \frac{T}{\sin\beta}$

Demak, $T = \frac{P\sin\beta}{\sin\alpha} = \frac{100\sin 60^0}{\sin 45^0} = 122H$

$$G = \frac{P\sin\gamma}{\sin\alpha} = \frac{100\sin 75^0}{\sin 45^0} = 137H$$

Geometrik usul: kuch uchburchagini qurish uchun kuch masshtabini tanlaymiz.

$$K_P = \frac{P}{ab} = \frac{100}{50} = 2\frac{H}{mm}$$

Ixtiyoriy a nuqtadan kuch uchburchagini K_P kuch masshtabida quramiz.

T va G kuchlarining son qiymatini aniqlash uchun kuch vektor kesma uzunliklarini kuch masshtabiga ko‘paytiramiz $G = bc \cdot K_P$, $T = ca \cdot K_P$

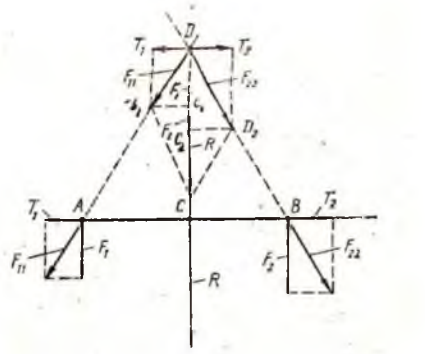
III bob. Juft kuchlar nazariyasi

1. Parallel kuchlar sistemasi

Ta’sir chiziqlari bir-biriga parallel bo‘lgan kuchlar sistemasiga *parallel kuchlar sistemasi* deyiladi. *Parallel kuchlarni qo‘shish* deb, ularning teng ta’sir etuvchisini aniqlashga aytiladi.

1. Ikkita o‘zaro parallel va bir tomonga yo‘nalgan F_1 va F_2 kuchlarning $F_{1,2}$ teng ta’sir etuvchisini topaylik, F_1 va F_2 kuchlar jismning A va B nuqtalariga qo‘yilgan bo‘lsin. Kuchlarning teng ta’sir etuvchisining uchta elementi: qo‘yilish nuqtasi, moduli va yo‘nalishini topamiz. Buning uchun A va B nuqtalariga T_1 va T_2 muvozanatlashtiruvchi kuchlar sistemasini qo‘shamiz. Natijada A nuqtaga F_1 va T_1

kuchlar, B nuqtaga F_2 va T_2 kuchlar ta'sir etadi. F_1 , T_1va F_2,T_2 kuchlarning teng ta'sir etuvchilari F_{11} va F_{22} ni parallelogramm qoidasiga asosan topamiz. F_{11} va F_{22} kuchni ta'sir chizig'i bo'ylab B nuqta bilan kesishguncha ko'chiramiz. B nuqtada bir to'g'ri chiziqda yotgan va yo'nalishlari bir xil bo'lgan, faqat F_1 R F_2 kuchlargina qoladi. Bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisi ularning arifmetik yig'indisiga teng ekanligi ko'rinib turibdi: $R = F_1 + F_2$ Bu teng ta'sir etuvchi R kuchning qo'yilish nuqtasini ta'sir chizig'i bo'ylab B nuqtadan C nuqtaga ko'chiramiz. C nuqta R ning qo'yilish nuqtasi bo'lib, P ning yo'nalishi F_1 va F_2 kuchlar tomoniga yo'nalgandir. Ana shu C nuqtani , ya'ni teng ta'sir etuvchining qo'yilish nuqtasini AB kesmaning qayerida joylashganligini topaylik. Rasmdagi ΔDD_1C_1 va ΔACD hamda ΔDC_2C_2 va ΔCDB o'xshashligidan quyidagilarni yozish mumkin: $\frac{F_1}{DC} = \frac{T_1}{AC}, \frac{F_2}{DC} = \frac{T_2}{CB}$



Birinchi tenglamaning ikkala tomonini ikkinchi tenglamaning ikkala tomoniga bo'lamiz. Natijada $\frac{F_1}{F_2} = \frac{CB}{AC}$

hosil bo'ladi. Bu ifodadan: ikkita bir xil yo'nalgan parallel kuchlar teng ta'sir etuvchisining qo'yilish nuqtasi kuchlar orasidagi masofani shunday bo'laklarga ajratadiki, bu bo'laklar nisbati kuchlar nisbatiga teskari proporsional bshladi, degan xulosaga kelamiz.

Agar F_1 va F_2 yo'nalishlari bir-biriga qarama-qarshi bo'lsa, katta kuch tomon yo'nalgan bo'ladi: $\vec{R} = \vec{F}_1 - \vec{F}_2$

R ning qo'yilish nuqtasini aniqlash uchun quyidagicha yozamiz: $\frac{F_1}{BC} = \frac{F_2}{AC}$

yoki proporsiyaning ma'lum xossasiga asosan $\frac{F_1 + F_2}{BC + AC} = \frac{R}{AB} = \frac{F_1}{BC} + \frac{F_2}{AC}$

F_1 *va* F_2 antiparallel bo'lsa, oxirgi ifodadagi $\vec{R} = \vec{F}_1 - \vec{F}_2$ bo'ladi. Bu holda teng ta'sir etuvchi kuchi R ning qo'yilish nuqtasi C katta kuchning qo'yilish nuqtasidan tashqarida AB chizig'ining davomida, A va B nuqtalariga qo'yilgan kuchlarga teskari proporsional masofalarda bo'ladi.

$$\frac{AC}{BC} = \frac{F_2}{F_1} \qquad \frac{AC}{F_2} = \frac{BC}{F_1} = \frac{AB}{R}$$

2. Teng ta'sir etuvchi kuchning qo'yilish nuqtasi biron qo'zg'almas nuqtaga nisbatan, masalan, dekart koordinata sistemasini boshiga nisbatan, radius vektor orqali

ifodalaylik. Radius vektori erkin vektor bo‘lgan kuchdan farqi shundaki, radius vektorning qo‘yilish nuqtasi hamma vaqt koordinata boshida bo‘ladi.

F_1 *va* F_2 ni teng ta’sir etuvchisi $F_{1,2}$ ni qo‘yilish nuqtasi S ni ifodalovchi $r_{1,2}$ radius vektorni topaylik.

Rasmdagi Δ OAC va Δ OCB dan $\vec{r}_{1,2} = \vec{r}_1 - A\vec{C}$, $\vec{r}_{1,2} = \vec{r}_2 + A\vec{C}$

Formulalardan AC va CB ni topib, $\frac{F_1}{F_2} = \frac{CB}{AC}$ ga qo‘yamiz:

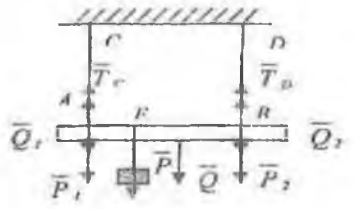
$\frac{F_1}{F_2} = \frac{\vec{r}_{1,2} - \vec{r}_2}{\vec{r}_1 - \vec{r}_{1,2}}$ Bundan $\vec{r}_{1,2} = \frac{\vec{F}_1\vec{r}_1 + \vec{F}_2\vec{r}_2}{\vec{F}_1 + \vec{F}_2}$

Formula orqali C nuqtani ifodalovchi radius vektori aniqlanadi. Teng ta’sir etuvchi kuch moduli asosan $F_{1,2} = F_1 + F$

3 – masala.

Uzunligi 1 m, og‘irligi 20 N bo‘lgan bir jinsli AB sterjen parallel AC va BD arqonlarga gorizontal ravishda osilgan. Sterjenning YE nuqtasiga $AE = \frac{1}{4}$m masofada $P = 120H$ yuk osilgan. Arqonlardagi T_C va T_D taranglik kuchlari topilsin.

Yechish: Yukning og‘irligi $P = 120H$ kuch bilan sterjen og‘irligi $Q = 20H$ kuchni sterjen uchlariga qo‘yilgan vertikal P_1, P_2 va Q_1, Q_2 kuchlarga ajratamiz. Sterjen og‘irligi AV sterjenning o‘rtasiga qo‘yilgani uchun $Q_1 = Q_2 = \frac{Q}{2} = 10H$.



R yuk uchun: $\frac{P_1}{EB} = \frac{P_2}{AE} = \frac{P}{AB}$

Bundan $P_1 = P \cdot \frac{EB}{AB}$ $P_2 = P \cdot \frac{AE}{AB}$ $AE = \frac{1}{4}, EB = \frac{3}{4}$ va $AB = 1$m bo‘lgani uchun

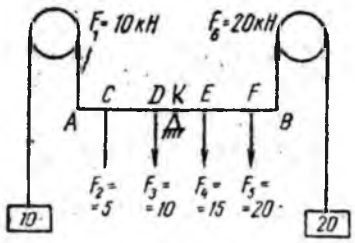
$P_1 = P \cdot \frac{EB}{AB} = 120 \cdot \frac{3}{4} = 90H$ $P_2 = P \cdot \frac{AE}{AB} = 120 \cdot \frac{1}{4} = 30H$

Arqonlardagi T_C va T_D tortish kuchlari esa

$T_C = 90 + 10 = 100H$ $T_D = 30 + 10 = 40H$

4 – masala.

Uzunligi 5 m, og‘irligi 20 kN bo‘lgan sterjenning A uchi blok orqali o‘tkazilgan 10 kN og‘irlikdagi yuk bilan yuqoriga qarab tortiladi. Sterjenning C, D, E va F nuqtalarida bir-biridan hamda A va B nuqtalardan 1 m masofalarda 5, 10, 15 va 20 kN yuklar osilgan. Sterjen muvozanatda bo‘lishi uchun uning qaysi nuqtasiga tayanch qo‘yish kerak?



Yechish: AB sterjenning uchlariga qo‘yilgan yuklar arqonlar orqali A va B uchlarini yuqoriga tortadi. Shuning uchun bu kuchlarni F_1, F_2 bilan belgilab, yuqoriga qaratib yo‘naltiramiz. Endi A nuqtaga nisbatan qo‘yilgan tayanch nuqta K ning vaziyatini topamiz. Bu masofa $r = \dfrac{\sum_{k=1}^{n} F_k \cdot r_k}{\sum_{k=1}^{n} F_k}$ formuladagi r ni beradi. Shuning uchun

$$AK = \frac{F_1 \cdot 0 + F_2 \cdot AC + F_3 \cdot AD + F_4 \cdot AE + F_5 \cdot AF + F_6 \cdot AB}{F_1 + F_2 + \ldots\ldots + F_6}$$

Rasmda ko‘rinyaptiki, F_1, F_4 ning yo‘nalishi qolgan kuchlarga nisbatan teskari bo‘lgani uchun ishoralari minus bilan olinadi. F_1, F_6 ning ishoralari minusligini hisobga olsak, AK quyidagicha topiladi:

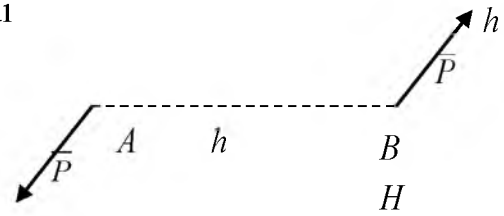
$$AK = \frac{5 \cdot 1 + 10 \cdot 2 + 15 \cdot 3 + 20 \cdot 4 - 20 \cdot 5}{-10 + 5 + 10 + +20 - 20} = 2{,}5\,\text{m}$$

Demak, K nuqta AB ni o‘rtasida joylashgan.

2. Juft kuch va juft kuch momenti.

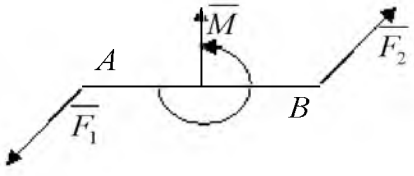
Modullari teng va qarama-qarshi tomonga yo‘nalgan ikki parallel kuch *juft kuch* deb ataladi.

Juft kuchni tuzuvchi kuchlarning ta’sir chiziqlari o‘tgan tekislik, *juft kuchning ta’sir tekisligi* deyiladi



Juft kuch teng ta’sir etuvchi bo‘lmaydi, lekin bu kuchlar muvozanatda bo‘lmaydi. Tajribalardan ma’lumki, jismga ta’sir qilgan juft kuch uni aylantirishga intiladi. Juft kuchning jismni aylantiruvchi ta’siri shu *juft kuchning momenti* deb ataladigan kattalik bilan aniqlanadi. Juft kuch momentining moduli uning yelkasi (kuchlar ta’sir chizig‘i orasidagi eng kichik masofa) bilan kuchlardan birining modulini ko‘paytmasiga teng.

Juft kuchning momentini vektor orqali ifodalaymiz.



Juft kuch momentining vektori uning ta’sir tekisligiga tik vektor bo‘lib, uchidan qaralganda juft tekislikni soat strelkasi aylanishiga nisbatan teskari tomonga aylantirishga intiladi.

Juft kuchning momenti musbat yoki manfiy bo‘ladi. Agar juft kuch o‘z ta’sir tekisligini soat strelkasi yo‘nalishiga teskari aylantirishga intilsa, uning momenti nisbat, manfiy ishorali bo‘ladi.

Juft kuch berilganda uning uch elementi ko‘rsatilishi kerak.

1. Juft kuchning ta’sir tekisligi.
2. Juft kuch momentining moduli.
3. Juft kuchning aylanish yo‘nalishi.

1-teorema:

Juft kuchni o‘zining ta’sir tekisligiga parallel bo‘lgan tekslikka ko‘chirilsa, uning jismga ta’siri o‘zgarmaydi.

2-teorema:

Juft kuchni jismga ko‘rsatadigan ta’sirini o‘zgartirmasdan o‘z tekisligida istalgan tomonga burish mumkin.

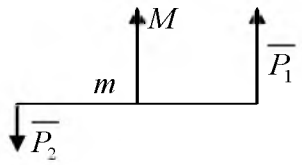
3-teorema:

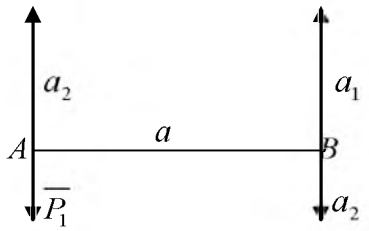
Juft kuch momentining modulini o‘zgartirilmay, uning yelkasi bilan kuchlarini istalgancha o‘zgartirilsa, juft kuchning jismga ta’siri o‘zgarmaydi.

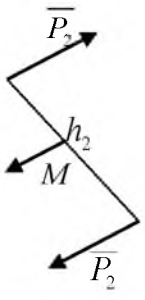
3. Juft kuchlarni qo‘shish.

Bir tekislikda ta’sir qiluvchi juft kuchlarning yig‘indisini birgina juft kuchga keltirilsa, shu juft kuchlarni teng ta’sir etuvchi juft kuchi deyiladi. ¨ki ekvivalent juft kuchi deyiladi.

Bir tekislikda yotgan ikki juftning teng ta’sir etuvchisini topaylik.







$M_1 = \pm R_1 h_1$ $M_2 = \pm R_2 h_2$

M_1 va M_2 ekvivalent juftlarini topamiz.

$$M_1 = P_1 h = S_1 a \qquad M = RC(Q_2 - Q_1)a = Q_2 a - Q_1 a$$

$$M_2 = -P_2 h_2 = -S_2 a$$

Bundan $$M = M_1 + M_2$$

Shunday qilib teng ta’sir etuvchi juft kuchning momenti tashkil etuvchi juft kuchlarning momentlarining algebraik yig‘indisiga teng.

$$M = \sum_{i=1}^{n} M_K$$

Juft kuchlarining qo‘shish natijasida $\sum M_{k=0}$ bo‘lsa, teng ta’sir etuvchi juft kuch momenti ham nolga teng bo‘ladi.

$$M = \sum m = 0$$

Tekislikda juft kuchlar sistemasi o‘zaro muvozanatda bo‘ladi.

Nazorat savolari

- Ikki parallel kuchni qo’shish qandayamalga oshirish mumkin?
- Nuqtaga nisbatan kuch momenti deb nimaga aytiladi?
- Moment ishorasi qanday tanlanadi?
- Qanday holda nuqtaga nisbatan kuch momenti nolga teng bo‘ladi?
- Juft kuch deb nimaga aytiladi?
- Qanday juft kuch ekvivalent juft kuch deb ataladi?
- Juft kuchning xossalari ta’riflang.
- Juft kuchlarni qanday qo’shish mumkin.

IV bob. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi

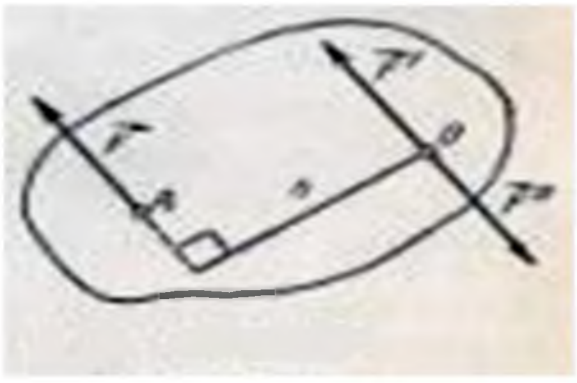
1. Kuchni berilgan nuqtaga keltirish

Bizga ma’lum har qanday kuch jismning kinematik (mexanik) holatini buzmay o‘z ta’sirini chizig‘i bo‘yicha istalgan nuqtaga ko‘chirish mumkin. Fransuz olimi Puanco (1777-1859) kuchning o‘z ta’sir chizig‘idan o‘tmagan ixtiyoriy nuqtaga ko‘chirish usulini ko‘rsatadi.

Teorema: *Har qanday kuchni o‘z-o‘ziga parallel holda jismning ixtiyoriy nuqtasiga ko‘chirish mumkin, bunda kuch ko‘chirilayotgan nuqtaga nisbatan momentiga teng bo‘lgan juftni birlashtirish lozim.*

Isboti. Jismning A nuqtasiga F kuch qo‘yilgan bo‘lsin. Jismning kinematik holatini o‘zgartirmasdan turib biror 0 nuqtaga ko‘chirish talab qilinadi.

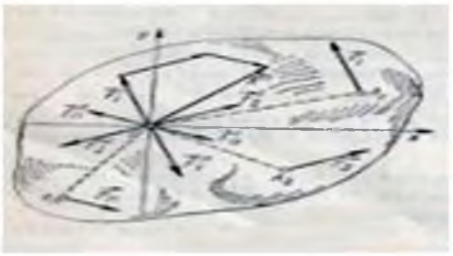
0 - nuqtaning *keltirish markazi* deyiladi.



0 nuqtaga berilgan F kuchga parallel va moduliga teng bo‘lgan qarama-qarshi yo‘nalgan F ′va F " kuchlarni qo‘yamiz. F kuchga ekvivalent F′va F " ekvivalent kuch olamiz. (F′, F ") ∞ 0 bo‘lganligi bilan jismning kinematik holati o‘zgarmaydi. F ′va F " kuchlar juft kuchni hosil qiladi. Natijada V nuqtaga qo‘yilgan F kuchga teng F ′ kuch va momenti bo‘lgan (F, F ") juft kuchdan iborat deb qarash mumkin. Bu usul quyidagicha ta’riflanadi. Kuchning jismga ta’sirini istalgan keltirish markaziga ko‘chirish mumkin, bunda momenti berilgan kuchdan keltirish markaziga nisbatan olingan momentga teng bo‘lgan juft kuch hosil bo‘ladi.

Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini bir nuqtaga keltirish. Jismning A_1 A_2 A_3 nuqtalariga jismning bir tekislikda o‘tgan F_1, F_2 va F_3 kuchlari qo‘yilgan bo‘lsin. Bu kuchlarni O nuqtaga keltirish talab qilinadi.

$$R = F_1' + F_2' + F_3' = F_1 + F_2 + F_3 = \sum \vec{F}_k$$



Berilgan sistemadan barcha kuchlarning geometrik yig‘indisiga teng bo‘lgan vektor bu sistemaning *bosh vektori* deyiladi.

$$\vec{R}' = \sum \vec{F}_k$$

keltirish markazi O da hosil bo‘lgan qo‘shimcha juftlarning momentlarini M_1, M_2 va M_3 deb belgilaymiz.

$$M_1 = -P_1 \cdot h_1[HM]$$

$$M_2 = -P_2 \cdot h_2[HM]$$

$$M_3 = -P_3 \cdot h_3[HM]$$

M_1, M_2 va M_3 momentlarning algebraik yig‘indisiga teng bo‘lgan natijaviy juft momentiga, *bosh moment* deb ataladi.

$$M_0 = M_1 + M_2 + M_3$$

$$M_0 = \sum_{i=0}^{n} Mi$$

Shunday qilib, tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining keltirish markaziga qo‘yilgan bir bosh vektor va qo‘shimcha bir bosh moment bilan almashtirish mumkin. Bosh vektorning moduli va yo‘nalishi keltirish markazini tanlashga bog‘liq bo‘lmaydi. Bosh momentning son qiymat va ishorasi keltirish markazining tanlashiga bog‘liq bo‘ladi. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini bir nuqtaga keltirishda uchraydigan hollar.

1-hol. $R = 0$ $M_0 = 0$ bo‘lsa kuchlar sistemasi o‘zaro muvozanatda bo‘ladi.

2-hol. $R = 0$ $M_0 \neq 0$ bo‘lsa bu kuchlar sistemasi juft kuchlarga keltiriladi.

3-hol. $R \neq 0$ $M_0 = 0$ bo‘lsa bu kuchlar sistemasi 1 ta kuchga keltiriladi.

4-hol. $R \neq 0$ $M_0 \neq 0$ bitta teng ta’sir etuvchi kuchga va juft kuchlarning natijaviy moment hosil bo‘ladi.

2. Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar ta’siridagi jismning muvozanat sharti

Jism bir tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar ta’sirida muvozanatda bo‘lsa, bu kuchlarning *bosh vektori* va *bosh momenti* alohida nolga teng.

$$\vec{R}' = \sum \vec{F}_k = 0 \qquad M_0 = \sum_{i=1}^{n} Mi_0 = 0$$

Bu shart jism muvozanatini zarur va yetarli shartlaridir. Bosh vektor teng bo‘lishi uchun uni Ox va Ou o‘qlardagi proyeksiyalari ham nolga teng bo‘lishi kerak.

$$R_{ox} = \sum F_{kx} = 0$$

$$R_{oy} = \sum F_{ky} = 0$$

Shunday qilib 2 ta muvozanat shartini 3 ta tenglamalar bilan ifodalash mumkin.

$$M_0 = \sum_{i=1}^{n} Mi_0 = 0 \qquad (1)$$

Bu tenglamalar tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining asosiy muvozanat tenglamalarini quyidagicha yozish mumkin.

$$\sum Mi_0 = 0 \quad \sum Xi = 0 \quad \sum Yi = 0$$

Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini boshqa muvozanat shartining tenglamalari ham bor.

Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlarning bir chiziq ustidan o‘tmaydigan uch nuqtalarga nisbatan momentlarning yig‘indisi nolga teng bo‘lsa, bu kuchlar ta’siridagi jism muvozanatda bo‘ladi.

$$\sum Mia = 0 \quad \sum Mib = 0 \quad \sum Mic = 0 \qquad (2)$$

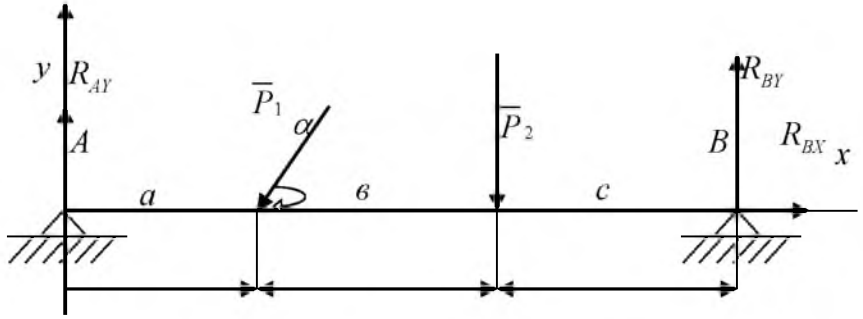
3. Statik aniq masala.

Statik aniqmas masalalarni yechish uchun jismning deformatsiya shartidan qo‘shimcha tenglamalar tuziladi. Bunday masalalarni «Materiallar qarshiligi» fanida qo‘riladi.

Berilgan masalada noma’lumlar soni muvozanat tenglamlar soniga teng bo‘lsa, bunday masala *statik aniq masala* deyiladi.

Agar masalada noma'lumlar soni muvozanat tenglamalari sonidan ortiq bo‘lsa, bunday masala *statik aniqmas masala* deyiladi.

a) Ikkita shartirli qo‘zg‘almas tayanchga tirilgan balkaga R_1 va R_2 bir-birlariga kuchlar ta'sir qilyapti.



$$\sum Mi_0 = 0 \quad \sum Xi = 0 \quad \sum Yi = 0$$

R_{Ax} = ? R_{Ay} = ? R_{By} = ? R_{Bx}= 0

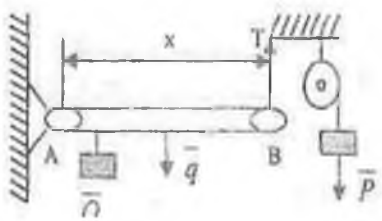
Yuqoridan bu ko‘rinadiki statik aniqmas masala ekan.

Nazorat savollari

- Kuchni markazga keltirish deb nimag aytiladi?
- Tekislikdagi kuchlar sistemasining bosh vektori tushunchasiga ta'rif bering.
- Bosh moment tushunchasini izohlang.
- Bosh vektori va bosh moment keltirish momen tiga qanday bog'liq?
- Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasini berilgan nuqtaga keltirishda uchraydiganba'zi hollarni sanab bering.
- Tekislikda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining muvozanat shartlarini yozib ko'rsating.
- Statik aniq va statik aniqmas masalalarga ta'rif bering.

5 – masala.

Og‘irligi 100 N bo‘lgan gorizontal AB sterjen A sharnirning qo‘zg‘almas o‘qi atrofida aylana oladi. Sterjenning B uchi blokdan o‘tkazilgan arqon va og‘irligi P = 150N bo‘lgan tosh yordamida yuqoriga tortiladi. Sterjenning B uchidan 20 sm narida turgan nuqtada og‘irligi 500 N bo‘lgan Q yuk osilgan. AB sterjen muvozanatda turgan bo‘lsa, uning uzunligi *x* qancha bo‘lishi kerak?



Yechish: Arqonning hamma nuqtalari bir xil taranglikda tortilib turadigan bo‘lganidan, arqondan balkaga tushadigan reaksiya kuchi T yuk og‘irligi R ga teng bo‘ladi. A nuqtasi

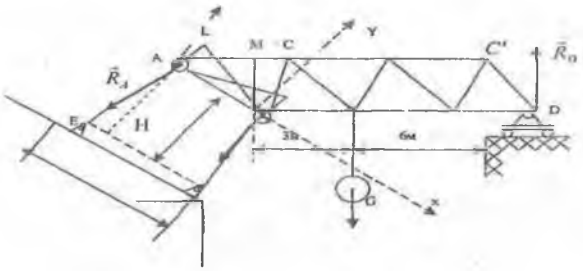
qo‘zg‘almaydigan AB richag bir tekislikda yotgan parallel kuchlar ta’siri bilan muvozanatda turadi, shuning uchun hamma qo‘yilgan kuchlardan A nuqtaga nisbatan olingan momentlarning algebraik yig‘indisi nolga teng, ya’ni: $\sum_{k=1}^{3} M_A(\vec{F}_k) = 0$

yoki $-Q(x-20) - q \cdot \frac{x}{2} + T \cdot x = 0$

bundan $$x = \frac{40Q}{2Q + q - 2T} = \frac{40 \cdot 500}{2 \cdot 500 + 100 - 2 \cdot 150} = 25 \text{ sm}$$

6 – masala.

ABCD ferma D nuqtada katoklarga , A vaB nuqtalarda esa E va F sharnirlarga biriktirilgan AE va BF og‘ma sterjenlarga tayanib turadi. Fermaning og‘ma sterjenlari va EF to‘g‘ri chiziq gorizontga 45 ^{0} burchak ostida qiya turadi. BC ning uzunligi 3 m. AE va BF sterjenlarning uzunligi bir-biriga teng. $EF = 3 \cdot \sqrt{2}$ m, $AH = 2{,}25\sqrt{2}$ m. Ferma va unga osilgan yukning og‘irligi 7,5 kN bo‘lib, CG to‘g‘ri chiziq bo‘ylab yo‘nalgan. Katoklar reaksiyasi $\overline{R}_D$ topilsin.



Yechish: $\overline{R}_D$ reaksiya katoklarning tayanch tekisligiga tik, $\overline{R}_A$ va $\overline{R}_B$ reaksiyalar esa AE va BF sterjenlar bo‘ylab yo‘nalgan, chunki sterjenlar ferma va tayanch nuqtasiga sharnirlar yordamida biriktirilgan. Ferma bir tekislik bo‘ylab yo‘nalgan ($G_1, \overline{R}_D, \overline{R}_A, \overline{R}_B$) kuchlar sistemasi ta’sirida muvozanatda turadi, shu sababli uchta muvozanat tenglamasi tuzsak bo‘ladi. Har ikki nuqtaga nisbatan olingan momentlar yig‘indisi bilan kuchlarning shu nuqtalardan o‘tadigan to‘g‘ri chiziqqa tik bo‘lmagan o‘qqa tushirilgan proyeksiyalari yig‘indisini nolga tenglaymiz. Noma’lum reaksiya kuchlari o‘tadigan nuqtalarni moment olinadigan nuqtalar deb qabul qilamiz, shunda tenglamalar ancha soddalashadi. Bu masalada A va B nuqtalarni momenti olinadigan nuqtalar deb olamiz. X o‘qini esa Ab chiziq bo‘ylab yo‘naltirib, quyidagi uchta tenglamani tuzamiz:

$$\sum_{k=1}^{4} X_k = G\cos 45^0 - R_A \cos\alpha - R_B \cos\alpha - R_D \cos 45^0 = 0$$

$$\sum_{k=1}^{4} M_A = -G \cdot BC + R \cdot BL + R_D \cdot BD = 0$$

$$\sum_{k-1}^{4} M_A = -G(MA + BC) - R_B \cdot AK + R_D(MA + BD) = 0$$

AEN uchburchakdan cos α ni topamiz:

$$\cos\alpha = \frac{EH}{EA} \qquad EH = 0{,}75\sqrt{2}\ \text{m} \qquad AE = \sqrt{AH^2 + EH^2} = 1{,}5\sqrt{5}\ \text{m}$$

$$\cos\alpha = \frac{0{,}75\sqrt{2}}{1{,}5\sqrt{5}} = \frac{\sqrt{2}\cdot\sqrt{5}}{2\cdot\sqrt{5}\cdot\sqrt{5}} = \frac{\sqrt{10}}{10}$$

Tenglamaga qo‘ysak $G\frac{\sqrt{2}}{2} - R_A\frac{\sqrt{10}}{10} + R_D\frac{\sqrt{10}}{10} - R_D\frac{\sqrt{2}}{3} = 0$

$$-3G + 3\frac{\sqrt{6}}{4}R_A + 9R_D = 0 \qquad -4{,}5G - 3\frac{\sqrt{6}}{4}R_A + 10{,}5R_D = 0$$

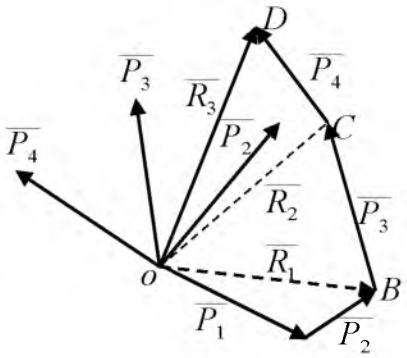
Bu tenglamalarni yechib quyidagini topamiz:

$$R_D = 1{,}5\ \text{kN}$$

5. Bir nuqtada kesishuvchi fazoviy kuchlar sistemasi

Ta’sir chiziqlari bir tekislikdan o‘tmagan, ammo bir nuqtada kesishmagan kuchlar sistemasiga bir nuqtada *kesishuvchi fazoviy sistemasi* deyiladi.

Masalan: O nuqtaga bir tekislikda o‘tmagan R_1, R_2, R_3 va R_4 kuchlar qo‘yilgan bo‘lsin.



$$\overline{R} = \overline{P_1} + \overline{P_2} + \overline{P_3} + \overline{P_4}$$

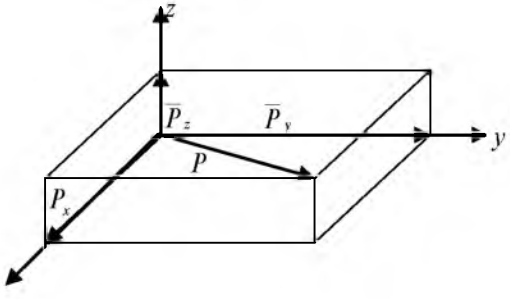
$$R = \sum_{i=1}^{n} Pi$$

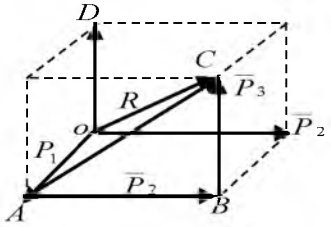
Shuni nazarda tutish kerakki, fazoviy kuchlar sistemasini qo‘shishdan hosil bo‘lgan kuch ko‘pburchagi tekislikdagi ko‘pburchak bo‘lmaydi. Bir nuqtada kesishuvchi uchta fazoviy kuchlarning teng ta’sir etuvchisi moduli va yo‘nalishi jihatdan shu kuchlardan yasalgan parallelipiped diagonali bilan ifodalanadi (kuchlar parallelapipedi qoidasi).

Uchta va kuchlar uchun yasalgan parallelepipedning OC diagonali bu fazoviy kuchlardan ko‘rilgan kuch ko‘pburchagi OABC ning OC yopuvchi tomonidir.

Parallelepiped qoidasiga asosan kuchni bir tekislikdan o‘tmagan uchta kuchga ajratish mumkin.

Kuchning moduli shu kuchning uchta o‘zaro perpindikulyar o‘qqa proyeksiyalari kvadratlarining yig‘indisidan olingan ildizga teng.





$$P = \sqrt{Px^2 + Py^2 + Pz^2}$$

Bir nuqtada kesishuvchi kuchlarning fazoviy sistemasining teng ta'sir etuvchisining biror o'qdagi proyeksiyasi tashkil etuvchi kuchlarning shu o'qdagi proyeksiyalarining algebraik yig'indisiga teng.

$R_x = \sum P_{xg}$. $R_y = \sum P_{yg}$. $R_z = \sum P_{zg}$.

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_Y^2 + R_z^2} = \sqrt{(\sum_{k=1}^{n} X_k)^2 + (\sum_{k=1}^{n} Y_k)^2 + (\sum_{k=1}^{n} Z_k)^2}$$

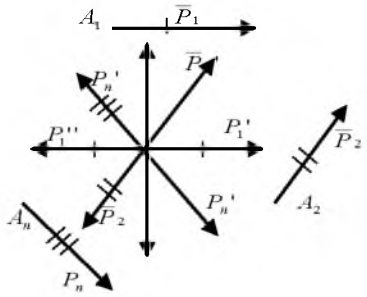
Bir nuqtada kesishuvchi kchlarning fazoviy sistemasining muvozanat sharti

$$R = \sum_{i=1}^{n} Pi = 0$$

$\overline{R} = 0$ bo'lishi uchun $\overline{R}x = 0$ $\overline{R}y = 0$ $\overline{R}z = 0$ bo'lishi shart.

Demak, bir nuqtada kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lishi uchun kuchlarning har bir koordinata o'qlaridagi proyeksiyalarining yig'indisi nolga teng bo'lishi zarur va yetarlidir.

Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasiga fazodagi *kuchlar sistemasi* deyiladi. Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasi ta'siridan jismning holatini aniqlash uchun jismga qo'yilgan kuchlarni sodda holga keltiriladi.



Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlarni bir nuqtaga keltirish.

Jismning A_1 A_2... A_n nuqtalariga fazoviy P_1, P_2.... P_n kuchlar sistemasi qo'yilgan bo'lsin. Bu kuchlarni O markazga keltiramiz.

$$\overline{R} = P_1 + P_2 ..... + P_n = \sum_{i=1}^{n} Pi \qquad \overline{M_0} = \overline{M}_1 + \overline{M}_2 ..... + \overline{M}_n = \sum_{i=1}^{n} Moi$$

$$\overline{R} = \sum_{i=1}^{n} Pi \qquad M_0 = \sum_{i=1}^{n} Moi$$

6. Fazoviy kuchlar sistemasining muvozanat shartlari.

Fazoviy kuchlar sistemasi muvozanatda bo'lishi uchun bosh vektori va bosh momenti nolga teng bo'lishi kerak.

$R_o = \sum P_k = 0$ $M_o = \sum M_k = 0$

Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasining vektorli ifodasi. Fazoviy kuchlar sistemasining analitik shartlarini ifodalovchi tenglamalar.

$$\sum X_k = 0, \sum Y_k = 0, \sum Z_k = 0$$

$$\sum M_x(\vec{F}_x) = 0, \sum M_y(\vec{F}_x) = 0, \sum M_z(\vec{F}_x) = 0,$$

Jismga ta’sir etuvchi fazoviy kuchlar sistemasi muvozanatda bo‘lishi uchun barcha kuchlarning koordinata o‘qlardagi proyeksiyalarining yig‘indisi nolga teng bo‘lishi va kuchlarning koordinata o‘qlariga nisbatan momentlarining yig‘indilari ham nolga teng bo‘lishi zaruriy va yetarlidir.

7. Fazodagi kuchlar sistemasini juft kuchga yoki teng ta’sir etuvchiga keltirish.

Jismga ta’sir etuvchi fazodagi $F_1, F_2, F_3 .... F_n$ kuchlar sistemasining bosh vektori $R_o = 0$ bosh momenti $M_o \neq 0$ bo‘lsa, bunday kuchlar sistemasi momenti bosh momentga teng bo‘lgan bitta teng ta’sir etuvchi juft kuchga keltiriladi. Bosh moment $\overline{M}_0$ keltirish markaziga bog‘liq bo‘lmaydi.

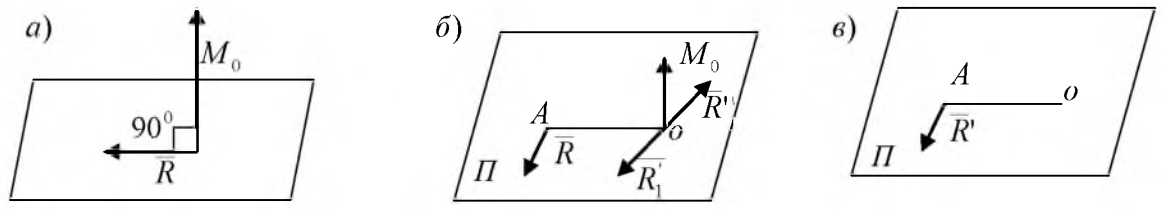
Fazodagi kuchlar sistemasi teng ta’sir etuvchiga keltirilishi mumkin bo‘lgan qo‘yidagi ikki holni ko‘rib chiqaylik.

1. Agar fazodagi kuchlar sistemasining biror keltirish markaziga nisbatan bosh momenti $\overline{M}_0 = 0$, bosh vektori $\overline{R} \neq 0$ bo‘lsa, fazodagi kuchlar sistemasining jismiga ta’sirini bitta $\overline{R}$ berilgan kuchlar sistemasining O nuqtadagi teng ta’sir etuvchisini ifodalaydi.

2. Fazodagi kuchlar sistemasini biror O markazga keltirish natijasida $\overline{R}$ bosh vektor $\overline{M}$ bosh momentga perpendikulyar yo‘nalgan bo‘lsin. Bosh vektor orqali bosh momentga perpendikulyar P tekislik o‘tkazamiz. Bu tekislikda momenti $\overline{M}_0$ bosh momentga teng (R', R'') juft kuchni olamiz, uning tashkil etuvchilari $|\overline{R'}| = |\overline{R''}| = |\overline{R}|$ bo‘lib, $\overline{R}$ ga paralel yo‘nalgan. Juft kuchning aylanish yo‘nalishini $\overline{M}_0$ vektorga moslab olamiz. Bu haqda (R', R'') juft kuchining yelkasini d bilan belgilasak, bosh moment $\overline{M}_0$ miqdor jihatdan qo‘yidagicha aniqladi:

$$M_0 = R'd = Rd$$

$\overline{R}'$ kuchni bosh vektor qo‘yilgan O nuqtaga joylashtiramiz. U holda bosh vektor $\overline{R}$ bilan $\overline{R}''$ miqdor jihatdan teng, yo‘nalishi qarama-qarshi bo‘lishi uchun 1-aksiomaga ko‘ra o‘zaro muvozonatlashadi. Ya’ni $(R', R'') \infty 0$ bo‘ladi. Natijada A nuqtada birgina R' kuch qoladi. Bu kuch berilgan kuchlar sistemasiga ekvivalent bo‘ladi. $\overline{R}'$ kuch berilgan kuchlar sistemasining teng ta’sir etuvchisi bo‘ladi.



Demak, biror 0 nuqtada bosh vektor, bosh moment perpendikulyar yo‘nalgan bo‘lsa, kuchlar sistemasi keltirish markazi 0 dan $d = \frac{M_0}{R}$ masofadagi A nuqtagacha qo‘yishga va bosh vektor $\overline{R}$ ga parallel yo‘nalgan teng ta’sir etuvchi $\overline{R}'$ kuchga keltiriladi.

Fransiya olimi Varinyon (1654-1722) fazodagi kuchlar sistemasining teng ta’sir etuvchisiga oid qo‘yidagi teoremani isbotlangan.

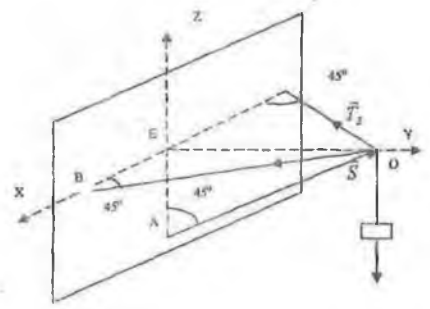
Agar fazodagi kuchlar sistemasi teng ta’sir etuvchiga keltirilsa, bu teng ta’sir etuvchining ixtiyoriy nuqtaga nisbatan momentlarining geometrik yig‘indisiga teng.

Nazorat savolari

- Fazodagi kuchlar sistemasi deb nimaga aytiladi?
- Fazodagi kuchlar sistemasining teng ta’sir etuvchisini qanday topish mumkin?
- Fazodagi kuchlar sistemasi muvozanatining analitik shartlarini yozing.
- Fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar bir nuqtaga qanday qilib keltirish mumkin?
- Bosh vektor va bosh momentga ta’rif bering.
- Varinon teoremasi izohlang.

7 – masala.

$Q = 100N$ yukni AO brus va bir xil uzunlikdagi gorizontal BO va CO zanjirlar ushlab turadi. Brus A nuqtada sharnir bilan biriktirilgan va gorizontga 45^0 burchak bilan og‘gan, $\angle CBO = \angle BCO = 45^0$. Brusdagi zo‘riqish C va zanjirlarning taranglik kuchlari T topilsin.



Yechish: Berilgan kuch Q yukning og‘irligi O nuqtaga tushadi. Bu nuqta erkin bo‘lmay, AO brus hamda BO va CO zanjirlar bilan bog‘langan. Bog‘lanishlarni yo‘qotib, AO brusning ta’sirini $\vec{S}$ bilan, BO va CO zanjirlar ta’sirini esa $\vec{T}_1$ va $\vec{T}_2$ reaksiyalar bilan almashtiramiz. Bu reaksiyalar ta’sir chiziqlarining AO , BO va CO to‘g‘ri chiziqlar bilan yo‘nalishi va AO brusning siqiladigan brus ekanligi bizga ma’lum, shu sababli brusning ($\vec{S}$) reaksiyasi A dan O ga qarab yo‘nalgan, BO va CO zanjirlar esa tortilib turgani uchun ularning reaksiyalari ($\vec{T}_1$ va $\vec{T}_2$) O dan V ga va O dan C ga qarab yo‘nalgan. To‘rtta kuch, ya’ni Q, $\vec{S}$, $\vec{T}_1$ va $\vec{T}_2$ lar O_1 nuqtada kesishadi. Bu kuchlar muvozanatda turadi, demak,

$$\sum X_k = 0, \sum Y_k = 0, \sum Z_k = 0$$

shart muvozanat tenglamalarini qanoatlantirishi kerak. yox tekisligini Q va $\vec{S}$ yotgan tekislik bilan bir xil qilib olib, shaklda ko‘rsatilgandek, koordinati o‘qlari o‘tkazamiz. Bu holda $\vec{T}_1$ va $\vec{T}_2$ kuchlar xOy koordinata tekisligida yotadi va o‘qlarga tushadigan proyeksiyasi juda sodda bo‘ladi. Kuchlar proyeksiyalarini o‘qlarga tushirib muvozanat tenglamalarini topamiz:

$$\sum_{k=1}^{4} X_k = T_1 \cos 45^0 - T_2 \cos 45^0 = 0$$

$$\sum_{k=1}^{4} Y_k = S \sin 45^0 - T_1 \sin 45^0 - T_2 \sin 45^0 = 0$$

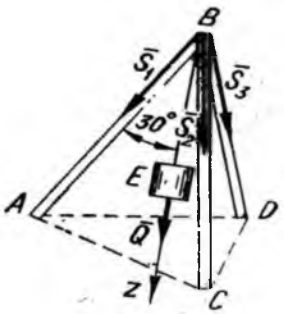
$$\sum_{k=1}^{4} Z_k = -Q + S \cos 45^0 = 0$$

Ma’lum kattaliklarni tenglamalarga qo‘yib yechsak, quyidagilarni olamiz:

$$S = 141\text{N}, \quad T_1 = T_2 = 71\text{N}.$$

8 – masala.

$ABCD$ uchoyoqning B uchiga og‘irligi 100 N bo‘lgan E yuk osilgan. Oyoqlarning uzunligi bir – biriga teng bo‘lib, ular gorizontal polga mahkamlangan va o‘zaro teng burchaklar tashkil qiladi. Agar oyoqlarning BE arqon bilan 30^0 burchak hosil qilishi mumkin bo‘lsa, har qaysi oyoqdagi zo‘riqishning qancha bo‘lishi topilsin.



Yechish: Izlanayotgan zo‘riqishlarni topish uchun Q kuchni AB, DB va CB bo‘ylab yo‘nalgan uchta tashkil etuvchiga ajratamiz. Har qaysi siquvchi zo‘riqishning kattaligini $\vec{S}$ bilan belgilaymiz. Q kuchni va o‘zaro $\vec{S}_1, \vec{S}_2, \vec{S}_3$ tashkil etuvchilarni vertikal OZ o‘qqa proyeksiyalaymiz:

$$\sum_{k=1}^{4} Z_k = Q - 3S \cos 30^0 = 0$$

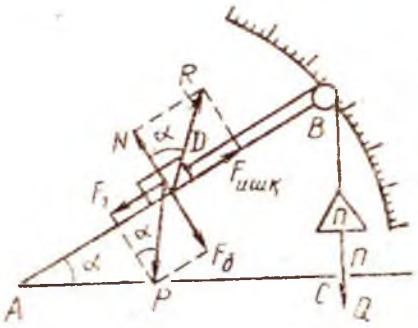
$$S = \frac{Q}{3\cos 30^0} = \frac{10}{3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{20}{5{,}2} = 3{,}85H$$

8. Ishqalanish

Bir jism ikkinchi jism sirtida harakat qilganda paydo bo‘lib, jism harakatiga qarshilik ko‘rsatadigan kuch ***ishqalanish kuchi*** *deyiladi.* Agar ishqalanish kuchi F_{ishq} bilan belgilasak, bu F_{ishq} kuch jismga ta’sir etadigan bosim kuchi F_b ga to‘g‘ri proporsionaldir: $F_{ishq} = f \cdot F_b$ (1)

Formuladagi f koeffitsiyent sirpanish vaqtidagi *ishqalanish koeffitsiyenti* deyiladi. Bu koeffitsiyent bir – biriga tegayotgan jismlarning tabiatiga , tezliklariga va bosim kuchiga bog‘liq. Lekin elementar hisoblashlarda f ning tezlik va bosimga bog‘liqligi hisobga olinmaydi. Odatda f koeffitsiyentning qiymati tajriba yordamida topiladi. Tajribalar ko‘rsatadiki, $0 \leq f \leq 1$, ko‘pchilik materiallar uchun f ning qiymati

jadvallarda ko‘rsatilgan. Ishqalanish koeffitsiyenti f_i ning qiymatini quyidagicha topiladi.



Rasmda ko‘rinadiki, og‘irlik kuchi R ikkita tashkil etuvchiga ajraladi. Bu kuchlardan bittasi F_b bosim kuchi bo‘lib, bu kuch AB tayanch yuzaga parallel bo‘lib D jismni pastga harakatlantiradi. Biroq hosil bo‘ladigan R reaksiya kuchi normal N va F_{ishq} ishqalanish kuchiga ajraladi. Agar $F_1 = - F_{ishq}$ shart bajarilsa, D jism tekis harakat holatida bo‘ladi. Bundan shartni P posangiga qo‘yiladigan yuklar yordamida bajarish mumkin. Natijada D jism tekis harakatlanganda $F_1 = F_{ishq}$ shart bajariladi. Shuningdek, Rasmdan $N = - F_b$ hamda $N = - F_b = P \cos \alpha$ ekanligi ko‘rinib turibdi, ya’ni $F_b = P \cos \alpha$ (2)

Posangi bo‘lmaganda, D jism tekis harakat qilib, pastga tushadigan bo‘lsa,

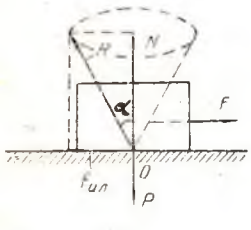
$F_1 = - F_{ishq}$ sharti bajariladi va rasmdan $F_{ishq} = P \sin \alpha$ (3)

Agar (2), (3) ni (1) ga formula qo‘ysak, qo‘yidagi hosil bo‘ladi:

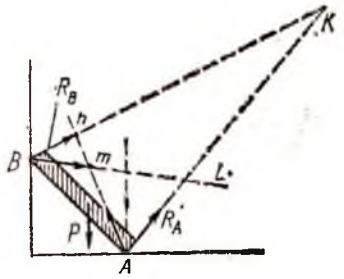
$$f = \frac{P \sin \alpha}{P \cos \alpha} = tg\alpha \qquad f_i = tg\alpha$$

Demak, agar D jism qiya tekislikda tekis harakat holatida bo‘lsa, ishqalanish koeffitsiyenti qiyalik burchagining tangensiga teng bo‘lar ekan. Mana shu burchak tangensi sirpanish ishqalanish koeffitsiyentiga teng bo‘lgan α ishqalanish burchak *ishqalanish burchagi* deb ataladi. α ishqalanish burchagidan boshqa yana ilinish burchagi tushunchasini ham qo‘llaniladi. Bu α_{il} burchak D jism tinch turganda paydo bo‘ladi. Agar D jismga F kuch ta’sir etsa, D ma’lum vaqtgacha tinch turadi, demak, jismni saqlab turuvchi F_{il} kuch paydo bo‘ladi. Bu F_{il} kuch *ilinish kuchi* deyiladi. F_{il} kuch R reaksiya kuchining tashkil etuvchi N va F_{il} ga ajralishidan hosil bo‘lib, N normal kuchga to‘g‘ri proporsionaldir: $F_{il} = f_{il} \cdot T$

Ilinish koeffitsiyenti f_{il} bir-biriga tegib turgan jismlar materialigi va fizik holatiga bog‘liq bo‘lib, qiymati 0 bilan 1 oralig‘ida o‘zgaradi. Tajribada aniqlanganidek, $f_{il} > f_i$. Bu koeffitsiyent f_{il} ham tajribada aniqlanadi. Buning uchun jismga qo‘yiladigan F kuchni $F = F_{il}^{max}$ bo‘lguncha, ya’ni jism D joyidan qo‘zg‘allishini boshlanguncha asta – sekin oshiriladi. Ana shu qo‘zg‘alish boshlanayotgan paytdagi kuch F_{il}^{max} bo‘ladi. Rasmdan ma’lumki, $N = P$, demak, $f_{il} = \frac{F_{il}}{P}$ bo‘lar ekan.



Rasmlarda reaksiya kuchi tayanch yuzidagi normal bilan α yoki α_{il} burchak tashkil etadi, deb oldik. Lekin bu burchaklar O dan (absolyut silliq sirt uchun) ma'lum qiymatgacha (real jismlar uchun) o'zgaradi. Natijada shunday bo'ladiki, fazoda R reaksiya kuchi N normal atrofida tayanch O nuqtaga tayanib aylanadi. Bu aylanishda konus sirti hosil bo'ladi. Bu konus R reaksiya kuchini qo'zg'almas O nuqta atrofida N normal bilan α yoki α_{il} burchak bilan aylanish natijasida hosil bo'ladi. Bu konusga ilinish konusi yoki ishqalanish konusi deb aytiladi. Bu ilinish konusining sirti reaksiya kuchlarining maksimal qiymatlarini ko'rsatadi, konusning ichi esa reaksiya kuchlarining aniqlanish sohasidir. Agar tinch turgan jismga ta'sir etuvchisi ilinish konusining ichida bo'lsa, jismning muvozanati buzilmaydi. Shunday foydalanib, ishqalanish mavjud bo'lganda jismlarning muvozanati quyidagicha topiladi. Faraz qilaylik, D jism, devorining A va B nuqtasiga tegib tursin. A va VB nuqtalarga alohida – alohida reaksiya kuchlarini va ilinish konuslarini hosil bo'ladi.



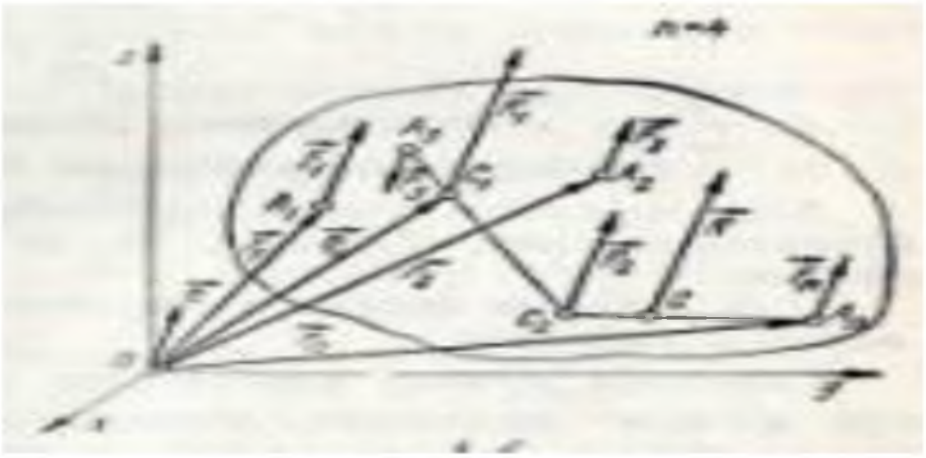
Agar jism R og'irlikgining ta'sir chizig'i reaksiya kuchlari hosil qilgan $mnkL$ yuzining ichidan kesib o'tsa, jism muvozanatda bo'ladi. Demak, $mnkL$ jismning muvozanatda bo'lish sohasini harakterlaydigan yuzdir.

Shunday qilib, ishqalanish kuchlari mavjud bo'lganda reaksiya kuchlari sirtga o'tkazilgan normal bilan ma'lum burchak hosil qiladi va shuning natijasida ishqalanish konusihosil bo'ladi. Muvozanat tenglamalarini tuzganda ishqalanish kuchi v boshqa kuchlarni hisobga olish lozim bo'ladi.

VI bob. Og'irlik markazi. Muvozanat turg'unligi.

1. Og'irlik markazi

Parallel kuchlar markazining koordinatalari. Har qanday jism mayda zarrachalardan tuzilgan bo'lib, ularning har birini yer o'ziga tortib turadi. Bu kuchlar *og'irlik kuchlari* deb ataladi. Ular yer markaziga tomon radius bo'ylab yo'nalgan bo'ladi. Jism zarrachalariga nisbatan yerning radiusi (6800 km.ga yaqin) juda katta bo'lganligi uchun zarrachalarning og'irliklarini parallel va vertikal deb qarash mumkin. Zarrachalarning og'irlik kuchlarini teng ta'sir etuvchisi *jismning og'irligi* deb ataladi. Jismning barcha zarrachalariga ta'sir qiladigan parallel kuchlar markazi jismning *og'irlik markazi* deyiladi. Jism har qanday vaziyatda ham, uning og'irlik markazi o'zgarmaydi. Og'irlik markazini topish formulasini chiqaramiz.



A_1, A_2 va A_n nuqtalarga qo‘yilgan va bir tomonga yo‘nalgan parallel kuchlar berilgan bo‘lsin.

A_1 nuqtaning vaziyati $x_1\ y_1\ z_1$
A_2 nuqtaning vaziyati $x_2\ y_2\ z_2$
A_n nuqtaning vaziyati $x_3\ y_3\ z_3$

Koordinatalar bilan parallel kuchlar markazi S nuqtaning vaziyati koordinatalar bilan aniqlanadi. Ox, Oy va Oz o‘qlarga nisbatan barcha kuchlardan moment olamiz. Teng ta’sir etuvchini momenti tashkil etuvchi kuslar momentlarining algebraik yig‘indisiga teng.

$$R_{xc}= P_1 X_1+P_2 X_2+P_3 X_3$$

$$R_{yc}= P_1 Y_1+P_2 Y_2+P_3 Y_3$$

$$R_{Zc}= P_1 Z_1+P_2 Z_2+P_3 Z_3$$

yoki

$$Xc = \frac{P_1X_1 + P_2X_2 + P_3X_3}{R} = \frac{P_1X_1 + P_2X_2 + P_3X_3}{P_1 + P_2 + P_3}$$

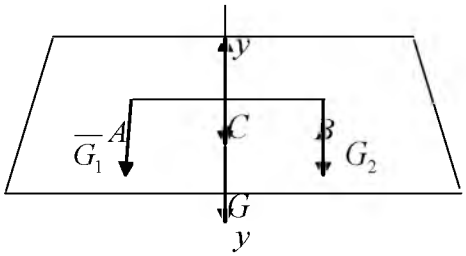
Xuddi shunga o‘xshash

$$Xc = \frac{\sum PiXi}{\sum Pi} \quad (1) \qquad Yc = \frac{\sum PiYi}{\sum Pi} \quad (2) \qquad Zc = \frac{\sum PiZi}{\sum Pi} \quad (3)$$

Jismning og‘irlik markazini *parallel kuchlar markazi* deb qaraladi.

(1) formula orqali markazini parallel kuchlar markazi deb qaraladi.

Simmetrik jismning og‘irlik markazi. Simmetrik jismning og‘irlik markazi simmetrik tekislikda o‘tadi. Simmetrik tekislikning birinchi tomonidan o‘tgan moddiy nuqtalar, tekislikning ikkinchi tomonidan unga mos va og‘irligi teng bo‘lgan moddiy nuqta o‘tadi.

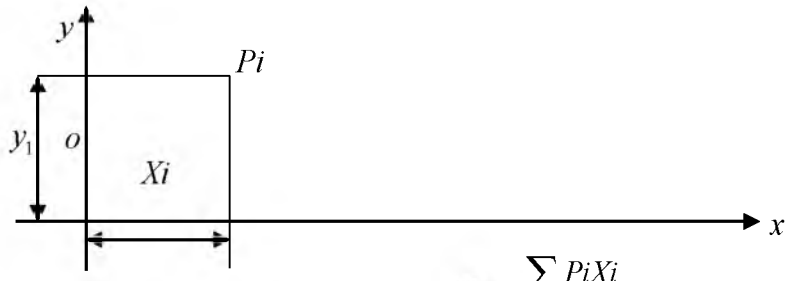


Bu nuqtalarni yy simmetriya tekislikda bir xil masofada *A* va *B* zarra olamiz.

Bu 2 kuchni teng parallel kuchlarning G teng ta'sir etuvchi *A B* kesmalarning o'rtasida, ya'ni simmetriya tekislikda qo'yilgan bo'ladi. Bundan quyidagicha xulosa chiqadi: barcha zarralar og'irlik kuchlarining teng ta'sir etuvchisi qo'yilgan nuqta, ya'ni jismning og'irlik markazi simmetriya tekisligida o'tadi. Natijalar: 1) jism moddiy to'g'ri chiziq kesmasining og'irlik markazi kesmaning o'rtasida bo'ladi. 2) to'g'ri to'rtburchak paralelagramm yuzalarining og'irlik markazlari ularning diaganal va kesishgan nuqtasida. 3) muntazam ko'p burchak doira va elips yuzalarining hamda shar hajmining og'irlik markazlari ularning geometrik markazlaridan o'tadi. 4) uchburchak yuzining og'irlik markazi uning medianalar kesishgan nuqtada bo'ladi. 5) murakkab shakl yuzining og'irlik markazini topish uchun uni oddiy shakldagi jismlarga bo'linib topiladi.

2. Yuzalarning og'irlik markazi. Yuzalarning statik momenti

Bir jism plastikaning og'irlik markazi shu yassi shakl yuzining ***og'irlik markazi*** deyiladi.



$$Xc = \frac{\sum PiXi}{\sum Pi}$$

$$Yc = \frac{\sum PiYi}{\sum Pi} \quad (2)$$

Pg'-shakl ixtiyoriy elementining yuzi, Xi va Yi shu element og'irlik markazining koordinatalari. P - butun shakl yuzi. Shakl elementar yuzining og'irlik markazidan biror o'qqacha bo'lgan masofa bilan ko'paytmasiga shu elementar yuzining olingan o'qqa nisbatan *statik moment* deyiladi. Barcha elementar yuzalarining biror o'qqa nisbatan olingan yuzining, shu o'qqa nisbatan *statik momenti* deb ataladi.

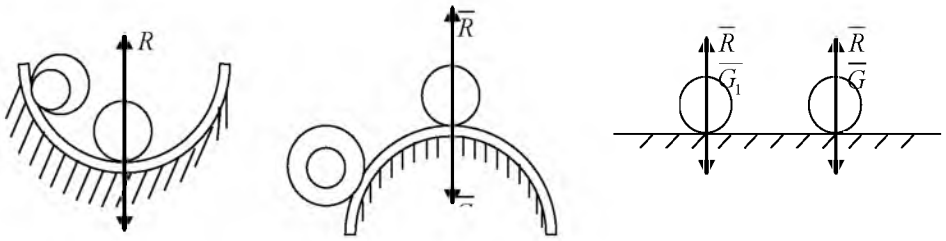
$$Sx = \sum Pi \cdot Yi \qquad Sy = \sum Pi \cdot Xi \quad (3)$$

Yassi shakl og'irlik markazini koordinatalari

$$Xc = \frac{Sy}{F} \qquad Yc = \frac{Sx}{F} \quad (4)$$

3. Muvozanat turg‘unligi. Jism muvozanatining turg‘unligi tushunchasi.

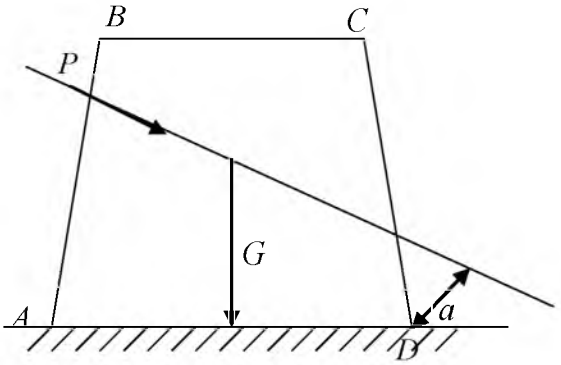
Agar jism dastlabki muvozanat vaziyatidan ozgina og‘ganidan so‘ng yana o‘sha vaziyatga qaytsa, jismning bu muvozanati *turg‘un muvozanat* deb ataladi. Aksincha, o‘sha vaziyatga qaytmasa jismning bu muvozanati *turg‘unmas muvozanat* deb ataladi.



Jism dastlabki vaziyatidan ozgina og‘ishganda saqlanadigan bunday muvozanat *farqsiz muvozanat* deyiladi. Real sharoitlardan jism uzoq vaqt faqat turg‘un yoki farqsiz muvozanatda bo‘lishi mumkin. Shuning uchun bunday muvozanat shartlarini aniqlash amaliyot uchun muhim masaladir.

4. Jismning turg‘unlik sharti

Gorizontal tekisligida o‘tgan jismni tekshiraylik. Jismning O og‘irlik markazidan o‘tuvchi vertikal tekislik bilan hosil qilingan qirqimning shakli A, B, C, D bo‘lsin



R kuchining D qirrasiga nisbatan olingan momenti *ag‘daruvchi moment* deyiladi.

G kuchning D qirrasiga nisbatan olingan momenti turg‘unlik momenti yoki ushlab *turuvchi moment* deyiladi.

$$Mmypc = G \cdot B$$

ABCD jismning turg‘unlik sharti $Mmypc > MazgX = \frac{Mmypc}{Mazg}$ nisbat *turg‘unlik koeffitsiyenti* deyiladi. Muvozanat turg‘un bo‘lishi uchun bu koeffitsent birdan katta bo‘lishi shart.

$$K = \frac{Mmypc}{Mazg} > 1$$

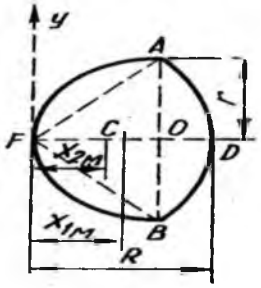
Turg‘unlikni hisoblash ayniqsa, baland inshootlarni. Masalan, butun turubali machta baland devorlar, kran va boshqalar uchun muhim hisoblanadi. Bu inshootlarni loyihalashda turg‘unlik koeffitsenti beriladi.

Nazorat savolari

1. Ishqalanish deb nimaga aytiladi?
2. Sirpanishdagi ishqalanishga ta’rif bering.
3. Dumalashdagi ishqalanishga ta’rif bering
4. Kulon xulosalarini ayting.
5. Ishqalanish burchagi nima?
6. Ishqalanish konusi deganda nima tushunasiz?
7. Dumalashdagi ishqalanish momenti deb nimaga aytiladi?
8. Dumalashdagi ishqalanish koeffisiyenti nimaga bog’liq?
9. Statik va dinamik ishqalanish kuchi deb nimaga aytiladi?

9 – masala.

Sterjenli AFBD konturning og‘irlik markazi S ning vaziyati aniqlansin. Kontur $FD = R$ radiusli aylananing to‘rtdan biriga teng bo‘lgan ABD yoyi va diametri AB vatar bo‘lgan AFB yarim aylana yoyidan tashkil topga. Sterjenlarning chiziqli zichligi bir xil.



Yechish: Sterjenli AFBD konturning og‘irlik markazi C ni topish kerak. Bir jinsli va bir xildagi ABD va AFB konturlardan iborat AFBD konturning F_x simmetriya o‘qi bor, demak, uning og‘irlik markazi shu o‘q ustida bo‘ladi.

ABD kontur og‘irlik markazining F_x o‘qidagi F nuqtadan o‘ngda qanday X_M masofada turganligini topamiz.

$X_C = \dfrac{\sum_{k=1}^{n} P_k \cdot X_k}{P}$ formulaga asosan: $X_M = \dfrac{\sum_{k=1}^{2} L_k \cdot X_k}{\sum_{k=1}^{2} L_k} = \dfrac{L_1 x_1 + L_2 x_2}{L_1 + L_2}$ (1)

Bu yerda L_1, L_2 lar - ABD hamda AFB larning uzunligi,

x_1, x_2 lar - ABD hamda AFB lar og‘irlik markazi bilan F nuqta orasidagi masofa L_1, L_2 larning uzunligini topamiz. Buning uchun oldin AFB yoyning radiusi r ni aniqlaymiz.

AOF to‘g‘ri burchakli uchburchakdan:

$$r = OA = R\cos 45^0 = \frac{R\sqrt{2}}{2}$$

U vaqtda:

$$L_1 = \frac{1}{4}\cdot 2\pi R = \frac{\pi R}{2} \qquad \text{va} \qquad L_2 = \pi r = \frac{\pi R\sqrt{2}}{2}$$

$X_M = \frac{R\cdot AB}{L}$ formuladan foydalanib, x_1, x_2 larni topamiz:

$$x_1 = \frac{RAB}{L_1} \qquad\qquad x_2 = r - \frac{rAB}{L_2}$$

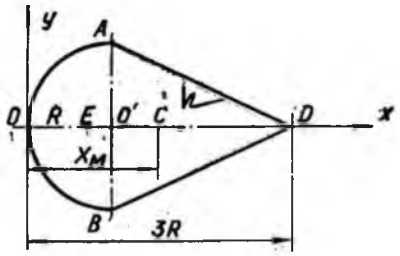
Bu yerda AB esa ADB yoyning vatari va AFB yarim aylananing diametri.
ADB yoy aylanasining markazi F , AFB yoy aylanasining markazi O dir.
Topilgan qiymatlarni (1) tenglamaga qo‘ysak, og‘irlik markazining koordinatasi X_M kelib chiqadi:

$$CF = X_M = \frac{L_1x_1 + L_2x_2}{L_1 + L_2} = \frac{L_1\frac{RAB}{L_1} + L_2\left(r - \frac{rAB}{L_2}\right)}{L_1 + L_2} = \frac{R\cdot AB + rL_2 - rAB}{L_1 + L_2} =$$

$$= \frac{R2r + rL_2 - r2r}{L_1 + L_2} = \frac{R\cdot 2 + \frac{\pi R\sqrt{2}}{2} - 2\frac{R\sqrt{2}}{2}}{\frac{\pi R}{2} + \frac{\pi R\sqrt{2}}{2}} R\frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2}\cdot\frac{4 + \pi\sqrt{2} - 2\sqrt{2}}{\pi(1+\sqrt{2})}R = 0{,}524R$$

10 – ***masala.***

R radiusli *AOB* yarim aylana va uzunliklari bir xil bo‘lgan *AD* va *BD* to‘g‘ri chiziqlar bilan chegaralanganyuza og‘irlik markazi S ning vaziyati aniqlansin. *OD = 3R*



Yechish: *AOB* yarim doira va *ABD* uchburchakning yuzalarida hosil bo‘lgan *AOBD* kontur bilan chegaralangan yuzaning *OD* simmetriya o‘qi bor, demak, uning og‘irlik markazi shu o‘q ustida bo‘ladi.
Ox o‘qni *OD* simmetriya o‘q bo‘yicha yo‘naltiramiz va

$$X_C = \frac{\sum_{k=1}^{n} P_k\cdot X_k}{P} \qquad\qquad Y_C = \frac{\sum_{k=1}^{n} P_k\cdot Y_k}{P}$$

formulalardan foydalanib, *AOBD* yuzaning og‘irlik markazi C ni, ya’ni O nuqtadan C gacha bo‘lgan X_M masofani topamiz:

$$X_M = \frac{S_Y}{\sum_{k=1}^{n} F_k} = \frac{\sum_{k=1}^{n} F_k\cdot X_k}{\sum_{k=1}^{n} F_k} = \frac{F_1x_1 + F_2x_2}{F_1 + F_2}$$

Bu yerda F_1, F_2 - AOB va ABD qismlarning yuzi

x_1, x_2 - shu qismlar og‘irlik markazlarining koordinatalari, ya’ni Ox o‘q bo‘ylab hisob qilganda O dan og‘irlik markazlarigacha bo‘lgan masofa. Ularni topamiz:

$$F_1 = \frac{\pi R^2}{2} \qquad F_2 = \frac{1}{2} AB \cdot O_1 D = \frac{1}{2} 2R \cdot 2R = 2R^2$$

AOB yarim doira yuzi og‘irlik markazi YE ning doira markazi O' dan qancha masofada turganligi formulaga asosan aniqlanadi:

$$x = \frac{2}{3} R \frac{\sin\frac{\pi}{2}}{\frac{\pi}{2}} = \frac{2}{3} R \cdot \frac{2}{\pi} = \frac{4}{3\pi} R$$

Bu yarim doira og‘irlik markazi E ning O nuqtadan qancha masofada turganligi quyidagicha topiladi:

$$x_1 = R - x = R - \frac{3}{3\pi} R = \frac{3\pi - 4}{3\pi} R$$

Teng yonli ABD uchburchak yuzi og‘irlik markazining AB asosidan qancha masofada turganligi quyidagicha topiladi:

$$O'K = \frac{OD}{3} = \frac{2}{3} R$$

Bu uchburchak yuzi og‘irlik markazining O dan qanday x_2 masofada turganligi quyidagicha topiladi: $x_2 = OO' + O'K = R + \frac{2}{3} R = \frac{5}{3} R$

Tenglamalarda topilgan qiymatlarni qo‘yib yechsak, quyidagilarni olamiz:

$$x_M = \frac{\frac{\pi R^2}{2} \cdot \frac{3\pi - 4}{3\pi} R + 2R^2 \frac{5}{3} R}{\frac{\pi R^2}{2} + 2R^2} = \frac{\frac{(3\pi - 4)R^3}{6} + \frac{10R^3}{3}}{\frac{\pi + 4}{2} R^2} = \frac{(3\pi + 16)R}{3\pi + 12} = 1{,}19R$$

Kinematika.

1. Asosiy tushunchalar

Nazariy mexanikaning *kinematika* bo‘limida jismlar harakatini, ularni vujudga keltiruvchi sabablarga bog‘lamay, faqat geometrik nuqtai nazardan tekshiriladi.

Moddiy jismning har qanday mexanik harakati biror boshqa jismlarga nisbatigina kuzatiladi va o‘rganiladi.

O‘rganilayotgan harakatga nisbatan qaralayotgan jism bilan bog‘liq bo‘lgan koordinatalar sistemasi *sanoq sistemasi* deyiladi.

Texnika masalalarini yechishda, odatda yer bilan qo‘zg‘almas bog‘langan sanoq sistemasi olinadi. Yerga nisbatan qo‘zg‘almas bo‘lgan sanoq sistemasi asosiy yoki qo‘zg‘almas *sanoq sistemasi* deyiladi. Qo‘zg‘almas sanoq sistemasini tanlab olish masalaning qo‘yilishiga bog‘liq. Tanlab olingan sanoq sistemasiga nisbatan har onda

jismning vaziyatini aniqlash mumkin bo‘lsa, uning harakati *kinematik berilgan* deyiladi. Kinematikada o‘lchovlar metrda olinadi.

Vaqt sekund (s)da olinadi. Mexanikada vaqt *absalyut* deb qaraladi. Ya’ni uni barcha sanoq sistemalari uchun bir xilda o‘tadi deb qaraladi. Uni t bilan belgilab, harakati argumenti hisoblanadi. Jism harakatini o‘rganish uchun dastlab uning nuqtalari harakatini o‘rganish kerak. So‘ng jism harakati o‘rganiladi. Ko‘chish va harakat tushunchalari, mexanikaning asosiy tushunchalaridir.

Sanoq sistemasiga nisbatan nuqtaning ma’lum t vaqt ichida fazoda bir vaziyatdan boshqa vaziyatga ixtiyoriy o‘tishi *ko‘chish* deyiladi.

Nuqtaning ko‘chishi uning boshlang‘ich va oxirgi vaziyatlari hamda o‘tgan t vaqt oralig‘i bilan aniqlanadi.

Nuqtaning boshlang‘ich vaziyatdan oxirgi vaziyatga bog‘liq holda aniq bir usulda o‘tishi *harakat* deyiladi.

Fazoda harakatlanayotgan nuqtaning biror sanoq sestemasiga nisbatan vaziyati bilan vaqt orasidagi bog‘lanishni ifodalovchi tenglama *nuqtaning harakat qonuni* deyiladi.

Kinematikaning asosiy masalasi nuqtaning (yoki jismning) harakat qonunlarini o‘rganishdan iborat.

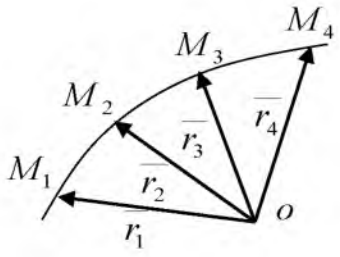
Agar nuqtaning biror sanoq sistemasiga nisbatan harakat qonuni berilgan bo‘lsa, nuqta harakatining kinematik xarakteristikalari: *troyektoriya, tezlik va tezlanishlarini* aniqlash mumkin bo‘ladi. Harakatlanayotgan nuqtaning fazoda qoldirgan izi shu nuqtaning *troyektoriyasi* deyiladi.

2. Nuqta kinematikasi. Nuqta harakatini berilish usullari

Nuqtaning harakati vektor, koordinata va tabiiy usulda beriladi.

1. Vektor usuli.

M nuqtaning vaziyati biror qo‘zg‘almas O markazidan o‘tkazilgan r radius –vektor bilan aniqlanadi r radius – vektor ma’lum qonun asosida o‘zgaradi, ya’ni skalyar argument r ning vektori funksiyasidan iborat bo‘ladi.



$$\bar{r} = \bar{r}(t) \quad (1)$$

(1) – tenglama nuqtaning vektor shaklidagi *harakat tenglamasi* deyiladi.

Agar r = r (t) funksiyasi ma’lum bo‘lsa, vaqtning har ondagi M nuqtaning vaziyati ma’lum bo‘ladi. M nuqtaning troyektoriyasi r - radius – vektorning *godagrafi* deyiladi.

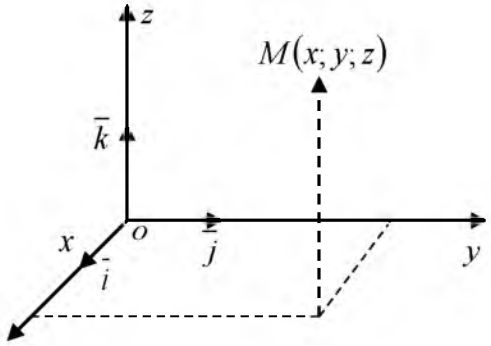
Analitik usulda r ni proyeksiyalari berilgan bo‘lsa,

$$r_x = x \qquad r_y = y \qquad r_z = z$$

Agar birlik vektorlari g‘, j, k ma’lum bo‘lsa

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

2. Koordinatalar usuli



Oxu sanoq sistemasiga M nuqtasining vaziyatini, *xyz* dekart koordinatalar orqali ifodalash mumkin. Nuqta harakatlanganda uning koordinatalari vaqt o‘tishi bilan o‘zgaradi. M nuqtaning koordinatalari t vaqtning funksiyasidan iborat bo‘ladi.

$$\left.\begin{aligned} X &= f_1(t) \\ Y &= f_2(t) \\ Z &= f_3(t) \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

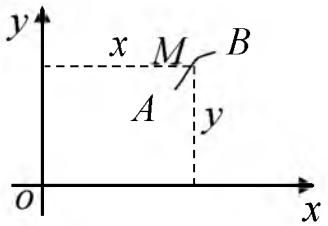
Vaqt o‘tishi bilan

$$\left.\begin{aligned} X &= const \\ Y &= const \\ Z &= const \end{aligned}\right\}$$

bo‘lsa, nuqta shu sistemaga nisbatan tinch holatda bo‘ladi.

(2) tenglama nuqtaning dekart *koordinatalaridagi harakat tenglamasi* deyiladi.

M nuqta bir tekislikda harakatlansa uning harakat tenglamasi

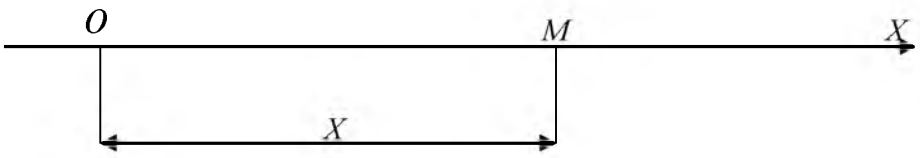


$$\begin{aligned} X &= t(t) \\ Y &= t(t) \end{aligned} \quad (3)$$

shaklida yoziladi.

M nuqtaning to‘g‘ri chiziqli harakati bitta tenglamasi bilan aniqlanadi.

$$X = f(t) \quad (4)$$



Harakat tenglamalaridan t vaqtini yo‘qotib, nuqta troyektoriyasini tenglamasi aniqlanadi.

Masalan: M nuqtaning harakat tenglamasi

$$X = f_1(t) \quad Y = f_2(t) \quad Z = f_3(t)$$

bo‘lsin. Birinchi tenglamani t ga nisbatan yechib, $t = Y(x)$ olamiz. Topilgan t ni 2 va 3- tenglamalarga qo‘yamiz.

$$Y = f_2\{Y(x)\} = F_1(x) \qquad Z = f_3\{Y(x)\} = F_2(x) \quad (5)$$

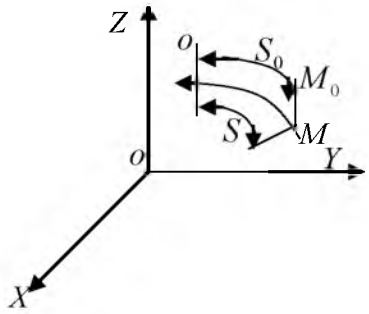
M nuqtaning tekislikdagi harakati tenglamasi berilgan bo‘lsin.

$$X = f_1(t) \;\; Y = f_2(t) \;\; Y = f_2\{Y(x)\} \quad (6)$$

Nuqtaning harakati dekart koordinatalari tashqari qutb koordinatalarda, sferik koordinatalarda ham bo‘lishi mumkin.

3. Tabiiy usul

Harakat qilayotgan nuqtaning troyektoriyasi ma’lum bo‘lsa, nuqta harakatini tabiiy usulda aniqlash mumkin. Nuqtaning troyektoriyasi koordinat sistemasiga nisbatan ma’lum bo‘lsin.



Troyektoriyaning biror *O* nuqtasini sanoq boshi uchun tanlab olib, uni *qo‘zg‘almas nuqta* deb qaraymiz.

Harakatlanayotgan nuqtaning holatini troyektoriya bo‘ylab $/\overline{OM}/ = S$ yoy koordinatasi bilan aniqlanadi, vaqt o‘tishi bilan uning yoy koordinatasi o‘zgarib boradi va *t* vaqtning bir qiymatli, uzluksiz va differensiallanadigan funksiyasidan iborat bo‘ladi.

$$S = f(t) \quad (7)$$

Bu munosabat nuqtaning harakat tenglamasi yoki troyektoriya bo‘ylab *harakat qonuni* deyiladi. $f(t)$ funksiyasi ma’lum bo‘lsa, t vaqtning har bir payti uchun S ni aniqlab, uni ishorasiga qarab O nuqtasidan trayektoriya bo‘yicha qo‘yamiz.

Shunday qilib, M nuqtaning harakatini tabiiy usulda aniqlash uchun uning trayektoriyasi, trayektoriyada olingan O qo‘zg‘almas nuqta yoy koordinatasining hisoblash yo‘nalishi va $S = f(t)$ harakat tenglamasi berilgan bo‘lishi kerak.

t_0 boshlang‘ich vaqtda M vaziyatda bo‘lib, uning vaziyati S_0 yoy koordinatasi vositasida t vaqtdan so‘ng M vaziyati $\overline{OM} = S$ yoy koordinatasi bilan aniqlansa $t - t_0$ vaqt oralig‘ida o‘tilgan yo‘l.

$$\Delta S = \left|\overline{M_0M}\right| = \left|\overline{OM} - \overline{OM_0}\right| = \left|S - S_0\right|$$

Demak, nuqta sanoq boshidan bir tomonga harakatlansa, uning yoy koordinasining moduli nuqtaning o‘tgan yo‘lini ifodalaydi.

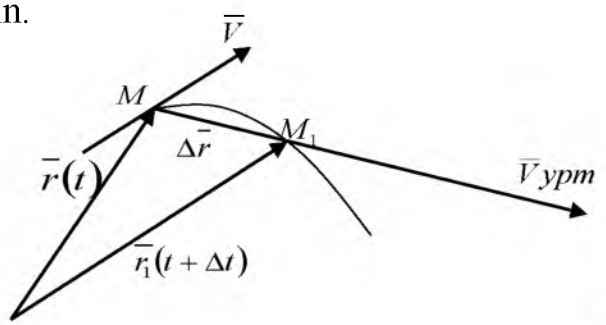
II bob. Nuqtaning tezligi va tezlanishi

1. Harakati vektor usulida berilgan nuqtaning tezligi.

Berilgan sanoq sistemasiga nisbatan nuqta harakatini jadalligining va yo‘nalishini xarakterlovchi vektor kattalikka *tezlik* deyiladi. Nuqta harakati vektor usulida

berilganda, uning har bir momentida vaziyati $\bar{r}$ radius-vektori bilan aniqlanadi. t-vaqtda biror O markazga nisbatan $\bar{r}$ radius-vektor bilan aniqlanadi. Nuqta M vaziyatini egallasin.

$t_1 = t + \Delta t$ vaqtdan so‘ng M vaziyatdan bo‘lib, $\bar{r}_1$ radius - vektor aniqlanuvchi bo‘lsin.



$$\bar{r}(t + \Delta t) - \bar{r}(t) = \Delta\bar{r}$$

$\Delta\bar{r}$ nuqtaning Δt vaqtdagi ko‘chishini ifodalaydi.

$\Delta\bar{r}$ nuqtaning *vektor ko‘chishi* deyiladi.

$$\overline{V_{yp}} = \frac{\Delta\bar{r}}{\Delta t} \qquad (8)$$

Δt- skalyar miqdor bo‘lganligi uchun $\bar{r}$ - vektorning yo‘nalishi bilan bir xil bo‘ladi.

Δt nolga intilgandagi limiti nuqtaning berilgan ondagi tezlik vektor deyiladi.

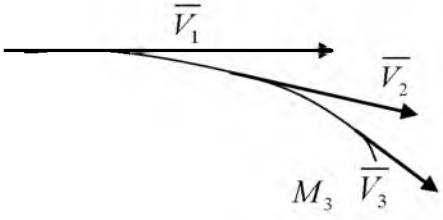
$$\bar{V} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\bar{r}}{\Delta t} \qquad (9)$$

yoki

$$\bar{V} = \frac{d\bar{r}}{dt} \qquad (9')$$

Shunday qilib, nuqtaning berilgan ondagi (paytdagi) tezlik vektori nuqtaning radius-vektoridan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli hosilasiga teng bo‘ladi.

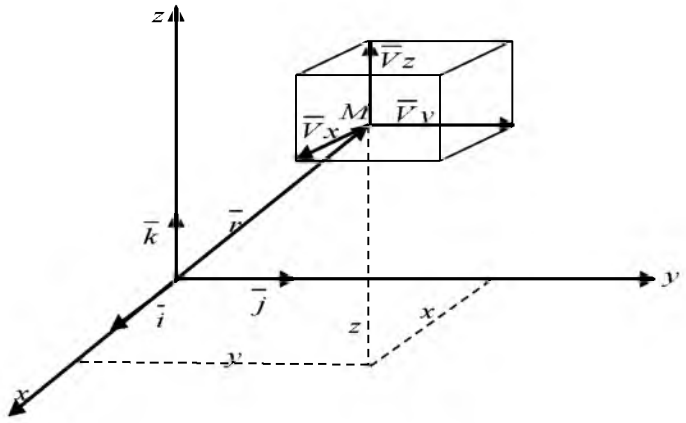
Δt nolga intilganda M nuqta trayektoriya bo‘ylab M ga intiladi. Bundan ko‘rinadiki, M nuqtaning tezlik vektori harakat yo‘nalishi bo‘yicha yo‘nalgan bo‘lib trayektoriyaga urinma bo‘ladi.



2. Harakati koordinalar usulida berilgan nuqtaning tezligi

Dekart koordinatalaridagi harakat tenglamalariga asosan nuqtaning tezlik yo‘nalishini va qiymatini aniqlaymiz. Nuqtaning

$x = f_1(t)$, $y = f_2(t)$, $z = f_2(t)$ harakat tenglamasi berilgan bo‘lsin.



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

i, j, k koordinata o‘qlarining birlik vektorlari $\bar{V}$ koordinatalar proyeksiyalari orqali quyidagicha yozish mumkin.

$$\bar{V} = \overline{V_x} \cdot \bar{i} + \overline{V_y} \cdot \bar{j} + \overline{V_z} \cdot \bar{k} \qquad (10)$$

i, j, k birlik vektorlarining moduli va yo‘nalishi o‘zgarmasligini yo‘nalishini e’tiborga olib vaqt bo‘yicha hosila olamiz.

$$\bar{V} = \frac{d\bar{r}}{dt} = \frac{dx}{dt} \cdot \bar{i} + \frac{dy}{dt} \cdot \bar{j} + \frac{dz}{dt} \cdot \bar{k} \qquad (11)$$

(10) va (11) formulalarni solishtirib tezlikning koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalarni aniqlaymiz.

$$Vx = \frac{dx}{dt} = x \quad Vy = \frac{dy}{dt} = y \quad Vz = \frac{dz}{dt} = z \qquad (12)$$

Demak, tezlik vektorining Dekart koordinatalar o‘qidagi proyeksiyasi nuqtaning mos koordinatalaridan vaqt bo‘yicha olingan birinchi hosilasiga teng bo‘ladi. Nuqtaning tezlik moduli va yo‘nalishini quyidagi formulalar orqali aniqlanadi.

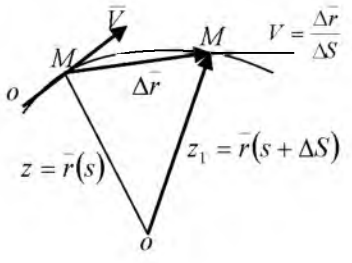
$$V = \sqrt{Vx^2 + Vy^2 + Vz^2} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \qquad (13)$$

$$Cos(v,\hat{}\, i) = \frac{Vx}{V} \qquad Cos(v,\hat{}\, j) = \frac{Vy}{V} \qquad Cos(v,\hat{}\, k) = \frac{Vz}{V} \qquad (14)$$

3. Harakat tabiiy usulda berilgan nuqta tezligi

Bunday holda nuqtaning AB trayektoriyasi sanoq boshi, yo‘nalishi va harakat tenglamasi $S = f(t)$ berilgan bo‘ladi.

$$V = \frac{\Delta\bar{r}}{\Delta S}$$



Nuqta t vaqtda M vaziyatda $t_1 = t + \Delta t$ vaqtda M_1 vaziyatda bo‘lsin. $S = DM$ $S_1 = DM_1 = DM + MM_1 = S + \Delta S$ ixtiyoriy o markazdan M_1 va M_2 nuqtalarning mos ravishda va radius vektorlarini o‘tkazamiz. M nuqtaning tezligini aniqlaymiz.

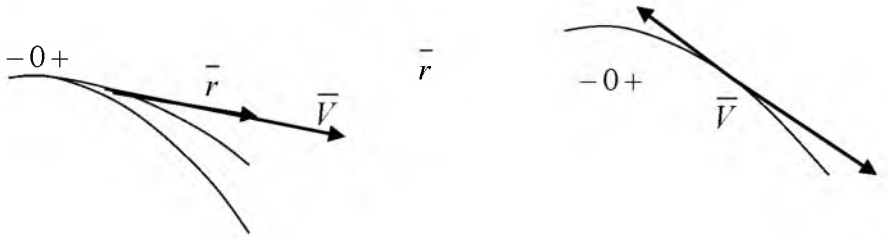
$$V = \frac{dr}{dt}; \qquad V = \frac{dr}{dt} \cdot \frac{ds}{dt}$$

bu yerda $\dfrac{d\bar{r}}{dS} = \lim\limits_{\Delta S \to 0} \dfrac{\Delta \bar{r}}{\Delta S}$ formula

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

$\dfrac{d\bar{r}}{dS}$ vektor miqdor jihatidan birga teng holda yoy koordinatasi ortib boradigan tomonga M nuqtada trayektoriyaga o‘tkazilgan urinma bo‘ylab yo‘nalgan bo‘ladi. $\dfrac{d\bar{r}}{dS} = \bar{\tau}$ birlik vektorini ifodalaydi.

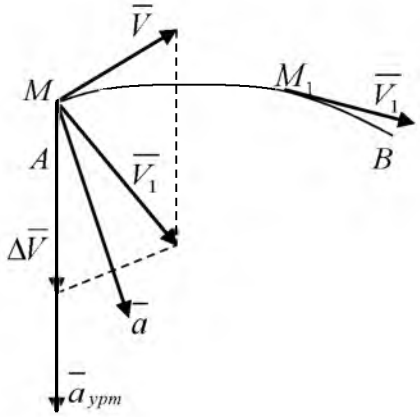
$V = \dfrac{d\bar{r}}{dS} = \bar{\tau}$; $V = \dfrac{dS}{dt}$; $\dfrac{dS}{dt}$ - tezlikning algebriak qiymatini ifodalaydi. Agar $\dfrac{dS}{dt} > 0$ bo‘lsa, S funksiya o‘suvchi bo‘ladi va $\bar{V}$ tezlikning yo‘nalishiga teskari bo‘ladi.



Shunday qilib, nuqtaning berilgan ondagi tezligini son qiymati nuqtaning yoy koordinatasidan yoki uning yo‘lidan vaqt bo‘yicha olingan hosilasiga teng.

4. Harakat vektor usulida berilgan nuqtaning tezlanishi

Tezlik vektorining moduli va yo‘nalishi jihatidan o‘zgarish sur’atini xarakterlovchi kattalik *tezlanish* deyiladi.



Nuqta t vaqtda M vaziyatda bo‘lib tezligi $\bar{V}$ ga teng bo‘lsin $t + \Delta t$ vaqt o‘tgandan so‘ng nuqta M_1 vaziyatga o‘tib tezligi $\bar{V}$, bo‘lsin. Tezlik vektorining Δt vaqt ichida o‘zgarishini aniqlaymiz. $\bar{V}_1$ tezlik vektorini o‘ziga parallel ravishda M nuqtaga ko‘chirib qo‘yamiz. V_1 diagonali bo‘lgan va bir tomoni V bo‘lgan parallelogramm qo‘yamiz. Parallelogrammning ikkinchi tomoni Δt vaqt ichida tezlikning o‘zgarishini $\Delta\bar{V}$ ifodalaydi.

$$\bar{a}_{ypm} = \frac{dv}{dt} \quad (1)$$

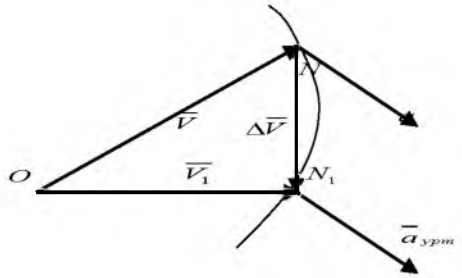
$\bar{a}_{ypm}$ yo‘nalishi $\Delta\bar{V}$ yo‘nalishi bo‘yicha bo‘ladi. Nuqtaning berilgan ongdagi tezlanishi $\bar{a}_{ypm}$ ni Δt nolga intilgandagi momentida bo‘ladi.

$$\bar{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{d\bar{V}}{dt} \quad (2)$$

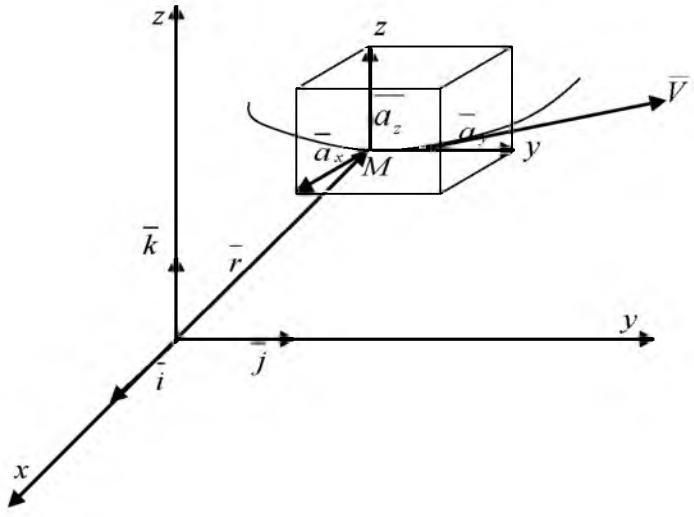
yoki

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \quad (2')$$

Nuqtaning tezlanish vektori nuqta tezlik vektorining vaqt bo‘yicha olingan birinchi hosilasiga yoki radius vektorining vaqt bo‘yicha olingan ikkinchi xosilasiga teng. Tezlanish vektorining yo‘nalishini aniqlaymiz. $\bar{a}_{ypm}$ yo‘nalishi tezlik godografiga o‘tkazilgan NN_1 vektor bo‘yicha yo‘nalgan Δt nolga intilgan N_1 nuqta N nuqtaga intiladi. Bundan ko‘rinadiki tezlanish vektorini yo‘nalishi tezlik godografiga urinma ravishda bo‘ladi.



5. Harakati koordinatalar usulida berilgan nuqtaning tezlanishi



Nuqtaning harakat tenglamasi berilgan bo‘lsin.

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

M nuqtaning radius-vektori

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

Nuqtaning tezlanish vektori radius-vektorning vaqt bo‘yicha olingan tenglikni ikkinchi xosilasiga hamda ularni o‘zgarmasligini e’tiborga olsak quyidagicha olamiz.

$$\bar{a} = \frac{d^2\bar{z}}{dt^2} = \frac{d^2x}{dt^2}\cdot\bar{i} + \frac{d^2y}{dt^2}\cdot\bar{j} + \frac{d^2z}{dt^2}\cdot\bar{k} \quad (3)$$

$$\bar{a} = a_x\cdot\bar{i} + a_y\bar{j} + a_z\bar{k} \quad (4)$$

a_x, a_y, a_z lar a tezlanishni x, y, z o‘zlaridagi proyeksiyalari. 4 va 5 formulalarni solishtirib quyidagilarni olamiz.

$$a_x = \frac{d^2(x)}{dt^2} = x \qquad a_y = \frac{d^2y}{dt^2} = y \qquad a_z = \frac{d^2z}{dt^2} = z \quad (5)$$

Agar

$$V_x = \frac{dx}{dt} \qquad V_y = \frac{dy}{dt} \qquad V_z = \frac{dz}{dt};$$

e’tiborga olsak.

$$a_x = \frac{dV_x}{dt}; \qquad a_y = \frac{dV_y}{dt}; \qquad a_z = \frac{dV_z}{dt} \quad (6)$$

Nuqtaning tezlanish vektorining biror qo‘zg‘almas Dekart koordinatalar o‘qidagi proyeksiyasi, nuqtaning mos koordinatalaridan vaqt bo‘yicha olingan ikkinchi hosilaga yoki tezlik vektorining mos koordinata o‘qlaridagi proyeksiyasidan vaqt bo‘yicha olingan birinchi hosilaga teng bo‘ladi.

Nuqta tezlanishini moduli. $a = \sqrt{a^2{}_x + a_y^2 + a_z^2} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

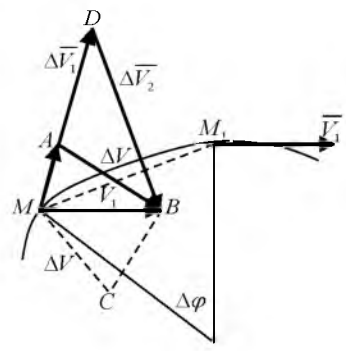
$$\cos\left(\bar{a}\wedge\bar{i}\right) = \frac{a_x}{a}$$

$$\cos\left(\bar{a}\wedge\bar{j}\right) = \frac{a_y}{a}$$

$$\cos\left(\bar{a}\wedge\bar{k}\right) = \frac{a_z}{a}$$

yo‘nalishi.

6. Harakati tabiiy usulda berilgan nuqtaning tezlanishi Urinma va normal tezlanish



Nuqtaning harakati tabiiy usulda berilsa, uning tezlanishi vektori nuqta trayektoriyasiga urinma va normal bo‘ylab yo‘nalgan tashkil etuvchilarga ajratiladi. Nuqta aylana yoy bo‘yicha harakatlanayotgan bo‘lsin, t vaqtda

nuqta M vaziyatini, $t+\Delta t$ vaqtda M_1 vaziyat egallagan bo‘lsin. Nuqtaning bu vaziyatiga mos keluvchi vektorlarni V va V_1 deb belgilaymiz. $\overline{V_1}$ vektorni o‘ziga parallel ravishda M nuqtaga ko‘chiramiz V va V_1 vektorlarning uchlarini tutashtiramiz. AV vektorni A nuqta ko‘chirilgan ΔV vektor deb qarash mumkin. M nuqtaga $\overline{V}$ ning yo‘nalishi bo‘yicha $\overline{V_1}$, vektor kesmani qo‘yamiz.

$$AD = MB - MA = V_1 - V = \Delta V$$

ΔV - nuqta tezligi son qiymatining Δt vaqt oralig‘idagi orttirmasiga teng bo‘ladi. $\Delta V = AB$ vektorni $\Delta_1 V = \overline{AD}$ va $\Delta_2 V = \overline{DB}$ ikki tashkil etuvchiga ajratamiz. ADV uchburchakdan $\Delta V = \Delta_1 \overline{V} + \Delta_2 \overline{V}$ ekanligi kelib chiqadi, nuqtaning biror vaqt paytidagi tezlanishi

$$\bar{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta V}{\Delta t} = \lim \frac{\Delta_1 V + \Delta_2 V}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta_1 V}{\Delta t} + \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta_2 V}{\Delta t} \quad (4)$$

$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta_1 \overline{V}}{\Delta t} = \bar{a}_t \qquad \lim \frac{\Delta_2 \overline{V}}{\Delta t} = \bar{a}_n$$

deb belgilaymiz.

$\bar{a}_t$ nuqtaning urinma yoki tangensial (lotincha “tangens”-urinma) tezlanishi deb ataladi.

$\bar{a}_n$ - normal tezlanish deb ataladi.

$\bar{a}_t$ va $\bar{a}_n$-tashkil etuvchi tezlanishlarning yo‘nalishlari va son qiymatlarini aniqlaymiz.

$$\bar{a}_t = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta_1 \overline{V}}{\Delta t}$$

$\Delta_1 V$ vektorning son qiymati nuqta V tezligining Δt vaqt oralig‘idagi orttirmasining son qiymatiga teng bo‘lgani uchun, urinma tezlanishning son qiymatini quyidagicha yozish mumkin.

$$a_t = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta_1 \overline{V}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

V ning son qiymati vaqtning (skalyar) funksiyasi, ΔV esa shu funksiyaning orttirmasi bo‘lganidan

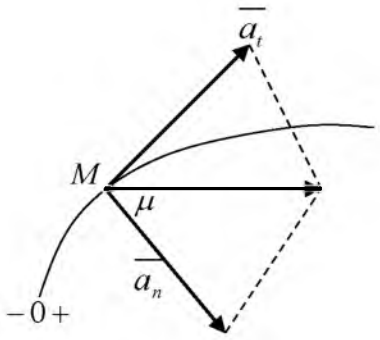
$$a_t = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta_1 \overline{V}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} \qquad \bar{a}_t = \frac{dv}{dt} \quad (15)$$

$a_n = \frac{V^2}{\rho}$ ρ - egrilik radiusi

Nuqtaning harakat tabiiy usulda berilganda, nuqtaning trayektoriyasi (demak, egrilik radiusi) shu trayektoriya bo‘ylab nuqtaning tezlanish vektorining moduli va yo‘nalishini topish oson.

$$a = \sqrt{a^2{}_t + a^2{}_n} = \sqrt{\left(\frac{dV}{dt}\right)^2 + \left(\frac{V^2}{\rho}\right)^2}$$



$$\cos\left(\bar{a}\bar{a}_t\right) = \frac{a_t}{a};$$

$$\cos\left(\bar{a},\bar{a}_n\right) = \frac{a_n}{a}$$

$$tg\mu = \frac{a^t}{a_n}$$

Nuqta tezlanishining tabiiy koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalarini aniqlash uchun

$$\bar{\vartheta} = \frac{ds}{dt}\tau^0 \qquad \bar{\vartheta} = \vartheta\bar{\tau}^0$$ formuladan foydalanamiz.

bunda: τ^0 – urinmaning birlik vektori

$\vartheta = \frac{dS}{dt}$ - tezlikning algebraik qiymati.

U holda

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{dv}{dt}\vec{\tau}^0 + v\frac{d\vec{\tau}^0}{dt} = \frac{dv}{dt}\vec{\tau}^0 + v\frac{d\vec{\tau}^0}{ds}\cdot\frac{ds}{dt} \qquad (1)$$

bunda $\frac{d\bar{\tau}^0}{dS}$ vektorning miqdori va yo‘nalishini aniqlaymiz. $\frac{d\bar{\tau}^0}{dS} = \lim_{\Delta S\to 0}\frac{\Delta\bar{\tau}^0}{\Delta S}$; bunda $\frac{\Delta\bar{\tau}^0}{\Delta s}$ vektor trayektoriyaning M va M_1 nuqtalariga mos ravishda olingan $\bar{\tau}^0$ va $\bar{\tau}_1^0$, urinmalar birlik vektorlarining ayirmasiga teng. (rasmda) $\left|\bar{MB}\right| = 1$; $\left|\bar{MC}\right| = 1$ bo‘lgani uchun, teng yonli MVS uchburchakdan $|\Delta\bar{\tau}^0| = |\bar{BC}| = 2$ sg‘n $\frac{\Delta\Theta}{2}$; bunda $\Delta\Theta$ orqali $\bar{\tau}^0$ va $\bar{\tau}_1^0$ birlik vektorlar orasidagi burchak belgilangan. Natijada

$$\left|\frac{d\vec{\tau}^0}{ds}\right| = \lim_{\Delta s\to 0}\frac{\left|\Delta\vec{\tau}^0\right|}{\Delta s} = \lim_{\Delta s\to 0}\frac{2\sin\frac{\Delta\theta}{2}}{\Delta s}$$

$\lim_{\Delta S \to 0} \frac{\Delta\Theta}{\Delta S} = k = \frac{1}{\rho}$; bunda k – trayektoriyaning M nuqtadagi egriligi; ρ - egrilik radiusi.

Binobarin, $\left| \frac{d\vec{\tau}^0}{dS} \right| = \frac{1}{\rho}$ bo‘lib, $\frac{d\vec{\tau}^0}{dS}$ vektorning moduli trayektoriyaning M nuqtadagi egriligini ifodalaydi. Yo‘nalishi bosh normal bo‘ylab trayektoriyaning egrilik markazi tomon yo‘naladi, ya’ni $\frac{d\vec{\tau}^0}{ds} = \frac{1}{\rho}\vec{n}^0$

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt}\vec{\tau}^0 + \frac{v^2}{\rho}\vec{n}^0. \quad (2)$$

$\frac{dv}{dt}\vec{\tau}^0$ vektor trayektoriyaga M nuqtada o‘tkazilgan urinma bo‘yicha yo‘naladi va *urinma tezlanish* deyiladi hamda $\vec{a}_\tau$ bilan belgilanadi.

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt}\vec{\tau}^0$$

$\frac{v^2}{\rho}\vec{n}^0$ vektor esa trayektoriyaga M nuqtada o‘tkazilgan bosh normal bo‘ylab yo‘naladi va *normal tezlanish* deyiladi, hamda $\vec{a}^0$ bilan belgilanadi.

$$\vec{a}_n = \frac{v^2}{\rho}\vec{n}^0$$

tezlanishning tabiiy koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari quyidagicha aniqlanadi.

$$\vec{a}_\tau = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2} \qquad \vec{a}_n = \frac{v^2}{\rho}$$

Nuqta tezlanishining urinmadagi proyeksiyasi tezlikning algebraik qiymatidan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli hosilasiga yoki nuqtaning yoy koordinatasidan vaqt bo‘yicha olingan ikkinchi tartibli hosilasiga teng nuqta tezlanishining bosh normaldagi proyeksiyasi shu nuqta tezligi kvadratining trayektoriyaning berilgan nuqtadagi egrilik radiusiga nisbatiga teng. Nuqtaning tezlanish vektori $\vec{a}$ urinma tezlanish $\vec{a}_\tau$ va $\vec{a}_n$ normal tezlanishlarning geometrik yig‘indisiga teng.

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

bu ikki tezlanish o‘zaro perpendikulyar yo‘nalganidan to‘la tezlanish moduli

$\vec{a} = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2} = \sqrt{(\frac{dv}{dt})^2 + (\frac{v^2}{\rho})^2}$ formuladan, yo‘nalishi esa $tg\mu = \frac{\vec{a}_\tau}{\vec{a}_n}$ formuladan topiladi.

Nazorat savollari

- Kinematikada nima o'rganiladi?
- Asosiy tushunchalarni ayting.
- Nuqta harakati necha xil usulda beriladi?
- Nuqta harakati vektor usulida berilgandagi harakat tenglamasi yozing.
- Nuqta harakati koordinata usulida berilgan dagi harakat tenglamasi yozing.
- Nuqta harakati tabiiy usulida berilgandagi harakat tenglamasi yozing.

Masala -11.

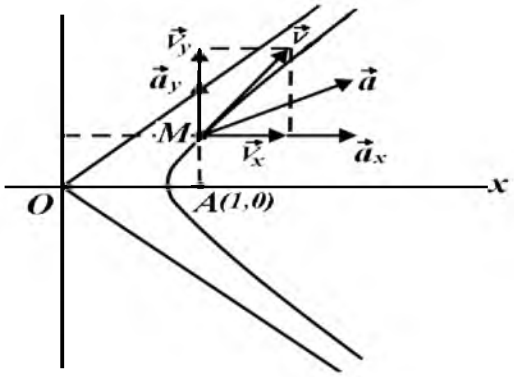
Moddiy nuqta harakati

$$x=\frac{1}{2}(e^{t}+e^{-t}),\qquad y=\frac{1}{2}(e^{t}-e^{-t}) \qquad (1)$$

Tenglamalar bilan berilgan (x, y – metr, t – sekund hisobida). Nuqtaning trayektoriya tenglamasi, shuningdek, $t=1$ sekundagi nuqta tezligi hamda tezlanishi topilsin, yo'nalishlari trayektoriyada ko'rsatilsin.

Yechish: Trayektoriya tenglamasini aniqlash uchun (1) ni kvadratga ko'tarib ayiramiz:

$x^2 - y^2 = 1$. (2)



(2) formula $x=1$, $y=0$ nuqtadan boshlanadigan giperbola o'ng tarmog'ining yuqori qismidan iborat. t = 1 sekundda: x=1,54 m, y=1,18 m. Nuqta tezligining aniqlash

$$\dot{x}=\frac{1}{2}\left(e^{t}-e^{-t}\right) \quad , \quad \dot{y}=\frac{1}{2}\left(e^{t}+e^{-t}\right).$$

t=1 sekundda

$$\dot{x}=\frac{1}{2}\left(e-\frac{1}{e}\right)=\frac{1}{2}(2{,}7183-1{,}3679)=1{,}18\ m/s,$$

$$\dot{y}=\frac{1}{2}\left(e+\frac{1}{e}\right)=1{,}54\ m/s;$$

$$V=\sqrt{\dot{x}^2+\dot{y}^2}; \quad V=\sqrt{1{,}3924+2{,}3716}=1{,}94\ m/s\ ,$$

uchun (1) dan vaqt bo‘yicha hosila olamiz.

$$\cos(\vec{V},^{\wedge}\vec{i}) = \frac{V_x}{V} = \frac{1{,}18}{1{,}94} = 0{,}61,\quad \cos(\vec{V},^{\wedge}\vec{j}) = 0{,}7938\,;\quad (\vec{V},^{\wedge}\vec{i}) = 52^0 25',\ (\vec{V},^{\wedge}\vec{j}) = 37^0 27'$$

Tezlanish quyidagicha bo‘ladi:

$$a_x = \frac{1}{2}\left(e^t + e^{-t}\right),\quad a_y = \frac{1}{2}\left(e^t - e^{-t}\right).$$

t = 1sekundda : $a_x = 1{,}54$, $a_y = 1{,}18$; $a = 1{,}94\ m/s^2$;

$$\cos(\vec{a},^{\wedge}\vec{i}) = 0{,}7938\,,\ \cos(\vec{a},^{\wedge}\vec{j}) = 0{,}61\,;\quad (\vec{a},^{\wedge}\vec{i}) = 37^0 27'\,,\ (\vec{a},^{\wedge}\vec{j}) = 52^0 25'.$$

Tezlik va tezlanishlar yo‘nalishlari rasmda ko‘rsatilganidek bo‘ladi.

Masala -12.

Moddiy nuqta harakati $X = e^t \cos t$, $y = e^t \sin t$, $z = e^t$ (3) Tenglamalar bilan berilgan (x, y – metr, t – sekund hisobida). Nuqtaning trayektoriya tenglamasi, shuningdek, $t=1$ sekundagi nuqta tezligi hamda tezlanishi topilsin, yo‘nalishlari trayektoriyada ko‘rsatilsin.

Yechish: (3) dan vaqtni yo‘qotish uchun $z=e^t$ ni (3) ning birinchi ikkitasiga qo‘yamiz:

$X = z \cos t$, $y = z \sin t$.

Bu tenglikni ikkala tomonlarini kvadratga ko‘tarib qo‘shamiz:

$$x^2+y^2=z^2 \quad \text{yoki} \quad x^2+y^2-z^2=0. \qquad (4)$$

(4) tenglamadan ko‘ramizki, trayektoriya ikkinchi tartibli doiraviy konusdan iborat ekan.

Nuqtaning trayektoriya bo‘yicha tenglamasini aniqlash uchun (3) dan vaqt bo‘yicha

$$\dot{x} = e^t \cos t - e^t \sin t\ ,$$

hosila olamiz:

$$\dot{y} = e^t \sin t + e^t \cos t\ ,$$

$$\dot{z} = e^t\ ,$$

bundan:

$$\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2 = 3e^{2t} \qquad (5)$$

(5) ni (4) ga qo‘ysak,

$$s = \int_0^t e^t \sqrt{3}\, dt = \sqrt{3}e^t \qquad (6)$$

kelib chiqadi.

(6) nuqtaning trayektoriya bo‘ylab harakat qonunini ifodalaydi.

Masala – 13.

Moddiy nuqta radiusi R bo‘lgan aylana bo‘ylab

$$s = V_0 t - \frac{1}{2}kt^2 \qquad (1)$$

qonunga ko‘ra harakatlanadi (s , R – metr, t –sekund hisobida)
Nuqta tezlanishi, shuningdek, tezlanish qandan vaqtda k ga teng bo‘lishi va bu vaqtda nuqta tezligi qanday bo‘lishi aniqlansin.

Yechish: (1) dan vaqt bo‘yicha hosila olsak:

$$V = V_0 - k\,t \ (m/s).$$

$$a_\tau = \frac{dV}{dt} = k\,, \quad a_n = \frac{(V_0 - kt)^2}{R}\,, \quad a = \sqrt{k^2 - \frac{(V_0 - kt)^4}{R^2}} \ (\mathrm{m/s^2})\,.$$

Moddiy nuqta tezlanishi k ga teng bo‘lishi uchun $a_n = 0$ bo`lishi kerak, ya’ni:

$$(V_0 - k\,t)^2 = 0, \qquad V_0 - k\,t = 0,$$

bundan $t = \frac{V_0}{k}$; $V = 0$ kelib *chiqadi.*

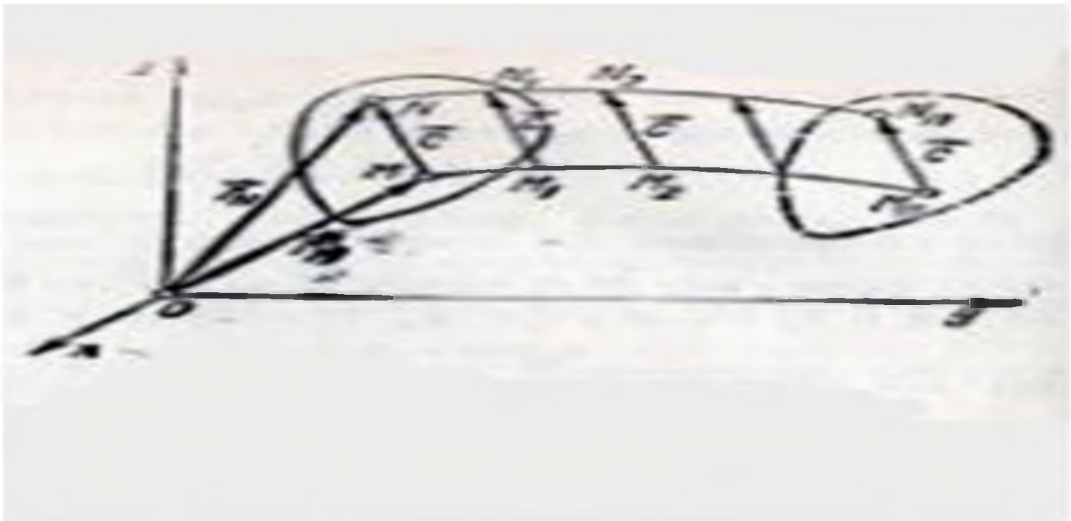
III bob. Qattiq jism kinematikasi

1. Qattiq jismning ilgarilanma harakati

Qattiq jism kinematikasida uchraydigan masalalar ikki qismga bo‘linadi: 1) butun jismning harakati va bu harakatning kinematik xususiyatlarini aniqlash; 2) jism har bir nuqtasining harakatini o‘rganish. Dastlab qattiq jismning eng sodda harakatlari *ilgarilanma va qo‘zg‘almas o‘q atrofidagi aylanma harakatlarini* ko‘rib chiqamiz.

Jismda olingan har qanday kesma jism harakati davomida hamma vaqt o‘z-o‘ziga parallel qolsa, jismning bunday harakati *ilgarilanma harakat*_deyiladi. Ilgarilanma harakatdagi jism nuqtalarining trayektoriyalari istalgan ko‘rinishda bo‘lishi mumkin. Masalan: to‘g‘ri chiziqli relsda harakatlanayotgan vagon kuzovining harakati ilgarilanma harakat bo‘lib, kuzov nuqtalarining trayektoriyalari to‘g‘ri chiziqdan iborat. Qattiq jismning ilgarilanma harakatiga oid quyidagi teoremani isbotlaymiz.

Teorema. Ilgarilanma harakatdagi jismning hamma nuqtalari bir xil chiziq (trayektoriya) chizadi va har onda miqdor hamda yo‘nalishlari jihatdan bir xil tezlikka va bir xil tezlanishga ega bo‘ladi.



Teoremani isbotlash uchun jismning berilgan oxyz qo‘zg‘almas koordinatalar sistemasiga nisbatan ilgarilanma harakatini tekshiramiz. Jismning ixtiyoriy A va B nuqtalarni olib, ularning radius-vektorlarini $\overline{r_A}$ va $\overline{r_B}$ bilan belgilaymiz. Rasmdan

$$\overline{r_B} = \overline{r_A} + AB \quad (1)$$

Jism harakatlanganda $\overline{r_A}$, $\overline{r_B}$ 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 $\overline{r_A}$ va $\overline{r_B}$ vektorlar o‘zgarganda, ularning A va B nuqtalarining trayektoriyalari bir xil bo‘ladi, ya’ni AA',= BB', va parallel bo‘ladi. B nuqtalarining tezligini aniqlash uchun (1)dan vaqt (t) bo‘yicha hosila olamiz.

$$\frac{d\overline{r_B}}{dt} = \frac{d\overline{r_A}}{dt} + \frac{d\overline{AB}}{dt}$$

bunda $\frac{d\overline{AB}}{dt} = 0$ bo‘lgani uchun yoki $\frac{d\overline{r_B}}{dt} = \frac{d\overline{r_A}}{dt}$

yoki $\overline{V_B} = \overline{V_A}$

A va B nuqtalar ixtiyoriy nuqtalar bo‘lganligi uchun ilgarilanma harakatdagi jismning qolgan barcha nuqtalarining tezliklari ham bir xil bo‘ladi. (2) dan t vaqt bo‘yicha hosila olamiz:

$$\frac{dV_B}{dt} = \frac{dV_A}{dt} \quad \text{yoki} \quad \overline{a_B} = \overline{a_A} \quad (3)$$

(3) tenglikdan ilgarilanma harakatdagi jism hamma nuqtalarining tezlanishlari bir xilda bo‘lishni ko‘ramiz. Shunday qilib, teorema isbotlanadi. Bu teoremadan, jismning ilgarilanma harakati uchun uning biror nuqtasining harakati bilan aniqlanadi.

Ilgarilanma harakatidagi jism nuqtasining $\overline{V}$ tezligi va $\overline{a}$ tezlanishi jismning barcha nuqtalari uchun bir xilda bo‘lganidan ularni mos ravishda jismning *tezligi va tezlanishi* deyiladi.

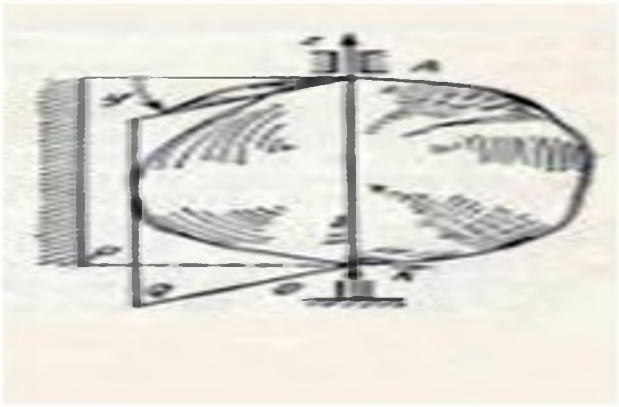
2. Qattiq jismning qo‘zg‘almas o‘q atrofidagi aylanma harakati

Harakatlanuvchi qattiq jismning ikkita nuqtasi doimo qo‘zg‘almasdan qolsa, uning bunday harakati *qo‘zg‘almas o‘q atrofidagi aylanma harakat*_deyiladi. Shu qo‘zg‘almas nuqtalardan o‘tgan to‘g‘ri chiziq *aylanish o‘qi*_deyiladi. Jismning aylanish o‘qida joylashgan nuqtalari doimo harakatsiz bo‘ladi.

Qattiq jismning aylana harakatini tekshirish uchun aylanish o‘qi orqali ikkita tekislik o‘tkazamiz. Ulardan biri qo‘zg‘almas P_0 tekislik, ikkinchisi esa jism bilan mahkam biriktirilgan va u bilan birga harakatlanadigan P tekislik bo‘lsin. Aylanish o‘qini jismning A va V nuqtalari orqali yuqoriga yo‘naltiramiz va A bilan belgilaymiz. Jism Az o‘q atrofida harakatlanganda P tekislik P_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‘nalishida aylansa, aylanish burchagi musbat, aks holda manfiy

deb hisoblanadi. Qo‘zg‘aluvchan tekislikning qo‘zg‘almas tekislikka nisbatan fazodagi holati istalgan t vaqt uchun φ burchak bilan



aniqlanadi. P tekislik jism bilan mahkam biriktirilganidan jismning holati ham φ burchak bilan aniqlanadi. Jism Az o‘q atrofida aylanganda mazkur burchak vaqtning uzluksiz, bir qiymatli funksiyasi sifatida o‘zgaradi.

$$\varphi = f(t) \quad (5)$$

Bu ifoda jismning qo‘zg‘almas o‘q atrofidagi aylanma harakati tenglamasi deyiladi. Agar (5) tenglik berilgan bo‘lsa, jismning P_0 tekislikka nisbatan vaqtning har bir paytidagi holati mu’lum bo‘ldi.

3. Aylanma harakatning burchak tezligi. Tekis aylanma harakat

Aylanish burchagi φ dan vaqt bo‘yicha olingan birinchi hosila *jismning burchak tezligi* deyiladi va ω bilan belgilanadi:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} \quad (6)$$

yoki

$$\omega = \varphi = f'(t)$$

Bunda hosilaning ishorasi jismning aylanish yo‘nalishini ifodalaydi; $\varphi = f'(t) > 0$ bo‘lsa, shu onda f(t) funksiya o‘suvchan bo‘ladi, ya’ni o‘qning musbat yo‘nalishdan qaraganda, soat milining aylanishi teskari yo‘nalishda aylanadi, $\varphi = f'(t) < 0$ bo‘lsa, shu onda f(t) funksiya 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 holda

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

Bu tenglamani integrallaymiz:

$$\varphi = \omega_0 t + C_1$$

Bunda S_1 integrallash doimiysi bo‘lib, harakatning boshlang‘ich shartlaridan aniqlanadi. Masalan, boshlang‘ich (t = 0) paytda aylanish burchagi $\varphi = \varphi_o$ bo‘lsin. U holda yuqoridagi tenglikdan $C_1 = \varphi_o$ bo‘ladi. Shunday qilib, *jismning tekis aylanma harakati tenglamasi.*

$$\varphi = \varphi + \omega t \quad (7)$$

ko‘rinishda yoziladi.

Agar t = 0 paytida $\varphi_o = 0$ bo‘lsa, (7)ga ko‘ra tekis aylanma harakat tenglamasi $\varphi = \omega t$ ko‘rinishda yoziladi.

Undan

$$\omega = \frac{\varphi}{t} \quad (8)$$

SI sistemasida burchak tezligi rad/s (yoki 1/s) da o‘lchanadi. Jism bir marta to‘la aylanganda $\varphi = 2\pi$ bo‘ladi. Jism bir minutda n marta aylansa, tekis aylanma harakatning burchak tezligi quyidagiga teng bo‘ladi.

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30}; \left[\frac{pad}{c}\right] \quad (9)$$

Bu formulada bir minutdagi aylanishlar soni n jism tekis aylanma harakatining *burchak tezligini* xarakterlaydi.

4. Qattiq jismning tekis parallel harakati.

Jismning har bir nuqtasi doimo biror qo‘zg‘almas $\vec{I}_0$ tekislikka parallel tekislikda harakatlansa, uning bunday harakati *tekis parallel harakat* deyiladi. Jismni P tekislikka parallel bo‘lgan P_1 tekislik bilan fikran kesish natijasida hosil bo‘lgan kesimni S bilan belgilab, uni *tekis shakl* deb ataymiz.

S yuza harakatlanadigan P_1 tekislik tekis shaklning harakat tekisligi deyiladi.

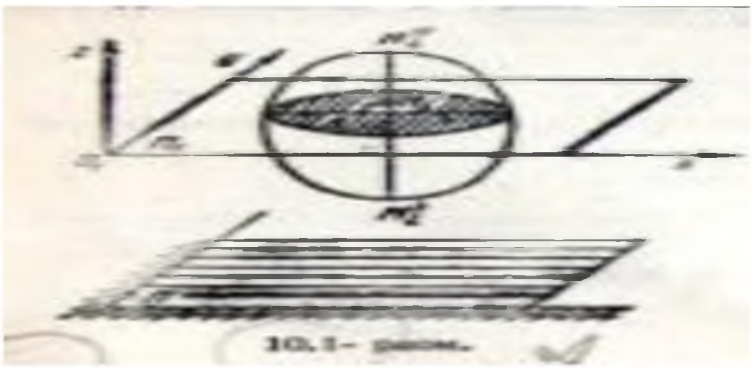
Tekis shaklning ko‘chishiga oid teorema: *Tekis shaklning harakat tekisligidagi har qanday ko‘chishini qutb bilan birgalikdagi ilgarilanma harakati hamda qutbdan harakat tekisligiga perpendikulyar ravishda o‘tuvchi o‘q atrofidagi aylanma harakatidan tashkil topgan deb qarash mumkin*

Tekis shaklning biror A nuqtasini qutb uchun qabul qilib, uning qo‘zg‘almas Oxu koordinatalar sistemasiga nisbatan koordinatalarini X_A, Y_A bilan belgilaymiz.

A nuqtaning harakatini aniqlaydigan $X_A = f_1(t), Y_A = f_2(t)$

Tenglamalar tekis shaklning ilgarilanma harakatini ifodalaydi.Tekis shaklda olingan ixtiyoriy AB kesmaning x o‘q bilan tashkil qilgan burchagini φ bilan belgilasak, jism harakatlanganda φ burchak vaqt funksiyasi sifatida o‘zgaradi : $\varphi = f_3(t)$

Shunday qilib, tekis shaklning harakati



$$X_A = f_1(t), Y_A = f_2(t), \varphi = f_3(t) \qquad (1)$$

tenglamalar bilan aniqlanadi. (1) tenglamalar *qattiq jismning tekis parallel* harakati *tenglamalari* deyiladi.

Agar $\varphi = const$ bo‘lsa, tekis shaklda olingan kesma doimo o‘ziga parallel ravishda harakatlanadi va tekis shakl *ilgarilanma harakatda* bo‘ladi.

Agar harakat davomida X_A, Y_A lar o‘zgarmas qiymatga ega bo‘lsa, φ burchak o‘zgarsa, u holda A nuqta qo‘zg‘almasdan qoladi va tekis shakl A nuqta atrofida aylanma harakatda bo‘ladi.

Tekis shakl qutb atrofida aylanganda uning barcha nuqtalari har onda bir xil burchak tezlik va bir xil burchak tezlanishga ega bo‘ladi va quyidagi formula vositasida aniqlanadi:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} \qquad \text{yoki} \qquad \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$$

Agar ω va ε lar bir tomonga qarab yo‘nalgan bo‘lsa, tezlanuvchan aylanma harakat, agar qarama –qarshi tomonga yo‘nalgan bo‘lsa, sekinlanuvchan aylanma harakat vujudga keladi. Tekis shakl nuqtalarining tezliklari orasidagi bog‘lanish quyidagi teorema yordamida anqlanadi.

Teorema. *Tekis shakl ixtiyoriy nuqtasining tezligi qutb tezligi bilan mazkur nuqtaning qutb atorfidagi aylana bo‘ylab harakatidagi chiziqli tezligining geometrik yig‘indisiga teng.*

Isboti. S tekis shaklning harakatini qo‘zg‘almas Oxy koordinatalar sistemasiga nisbatan tekshiramiz. A nuqta qutb deb, ixtiyoriy B nuqtaning Oxu sistemasiga nisbatan radius - vektori $\vec{r}_B$, A qutb radius – vektori $\vec{r}_A$ bilan quyidagicha bog‘lanadi.

$$\vec{r}_B = \vec{r}_A + \overline{AB} \qquad (1)$$

(1) tenglamadan vaqt bo‘yicha hosila olib, B nuqtaning tezligini aniqlaymiz

$$\vec{v}_B = \frac{dr_B}{dt} = \frac{d\vec{r}_A}{dt} + \frac{dAB}{dt} \qquad (2)$$

$$\frac{d\vec{r}_A}{dt} = \vec{v}_A \quad \text{qutb tezligi}$$

Tekis shaklharakatlanagnda AB vektor moduli o‘zgarmaydi, yo‘nalishi esa, jism qutb atrofida aylanishi bilan o‘zgaradi.

$\frac{dAB}{dt}$ hosila B nuqtaning A nuqta atrofida aylangandagi chiziqli tezligini ifodalaydi.

$\frac{d\overline{AB}}{dt} = \vec{v}_{BA}$

Eyler formulasiga ko‘ra $\vec{v}_{AB}$ ni tekis shaklning burchak tezligi $\vec{\omega}$ va radius-vektor AB larning vektorli ko‘paytmasi orqali ifodalaymiz, $\vec{v}_{BA} = \vec{\omega} x \overline{AB}$ (3)

(2) ni quyidagicha

$$\vec{v}_B = \vec{v}_a + \vec{v}_{BA} \quad (4) \qquad \text{yoki} \qquad \vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{\omega} x \vec{AB} \quad (5)$$

Tekis shakl biror nuqtasining tezligi va aylanma harakatining burchak tezligi berilganda *tekis shakl* boshqa bir *nuqtasining tezligini* (5) formulaga muvofiq aniqlash uni *qutb usulida aniqlash* deyiladi.

5. Tezliklarning oniy markazi

Berilgan onda tezligi nolga teng bo‘lgan tekis shakl nuqtasi *tezliklarning oniy markazi* yoki qisqacha *oniy markaz* deyiladi.

Tekis shakl biror O nuqtasining tezligi $\vec{v}_0$ va shu O nuqta atrofidagi aylanma harakatining burchak tezligi ω berilgan bo‘lsin. O nuqtani qutb deb olamiz.Qutbdan aylanma harakatning yo‘nalishida $\vec{v}_0$ ga perpendikulyar OK chiziqni o‘tkazamiz. OK chiziq OR = $\frac{v_0}{\omega}$ tenglikka mos keluvchi R nuqta ni olib, tezligini aniqlaymiz. $\vec{v}_p = \vec{v}_0 + \vec{v}_{po}$

$\vec{v}_{po} = \omega \cdot OP$ yoki $\frac{\vec{v}_0}{\omega} = OP$ bo‘lganligi uchun $v_{PO} = \omega \cdot \frac{v_0}{\omega} = v_0$

Hamda $\vec{v}_{po}$ vektor $\vec{v}_0$ ga qarama – qarshi yo‘naladi. $\vec{v}_{PO} = -\vec{v}_0$

$\vec{v}_P = 0$ bo‘lsa, R nuqta tekis shaklning tezliklari oniy markazi bo‘ladi

Tekis shakl nuqtalarining tezliklarini oniy markazdan foydalanib aniqlash.

Berilgan onda tekis shaklning oniy markazi R ni qutb deb olib, $\vec{v}_B = \vec{v}_a + \vec{v}_{BA}$ formulaga muvofiq tekis shakl A,V, S nuqtalarining tezliklarini topamiz.

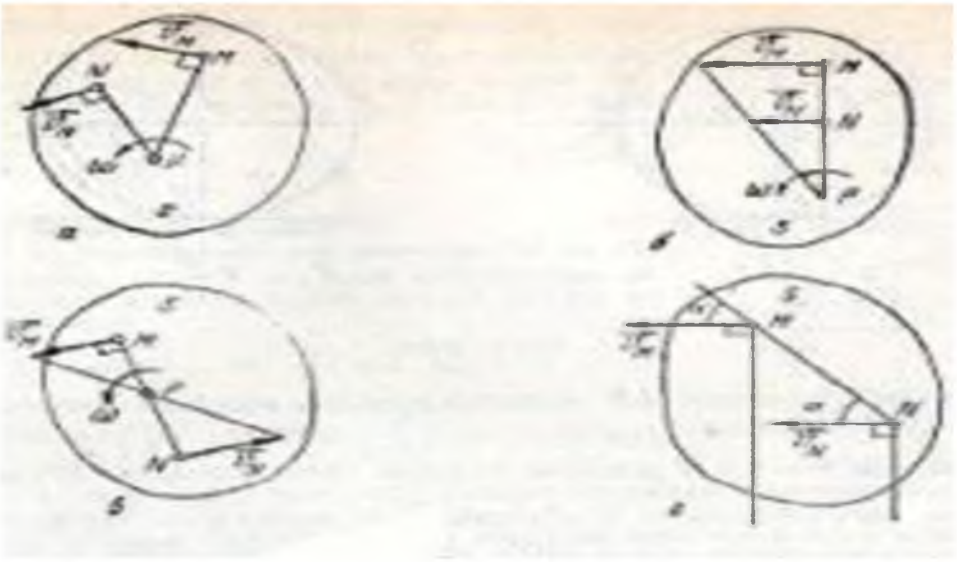
$$\vec{v}_A = \vec{v}_P + \vec{v}_{AP}, \vec{v}_B = \vec{v}_P + \vec{v}_{BP}, \vec{v}_C = \vec{v}_P + \vec{v}_{CP}$$

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

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

$$\vec{v}_A = \omega \cdot PA, \qquad \vec{v}_B = \omega \cdot PB, \qquad \vec{v}_C = \omega \cdot PC.$$

Demak, *biror onda oniy markazi ma’lum bo‘lgan tekis shakl nuqtalarning shu ondagi tezliklarini oniy markaz atrofida xuddi oddiy aylanma harakatdagi jism nuqtalarining tezliklari kabi topish mumkin*



6. Tekis shakl nuqtasining tezlanishi

Tekis shakl nuqtalarining tezlanishlari orasidagi bog‘lanish quyidagi teorema yordamida aniqlanadi.

Teorema. *Tekis shakl ixtiyoriy nuqtasining tezlanishi qutb tezlanishi bilan mazkur nuqtaning qutb atrofida aylanishidagi tezlanishining geometrik yig‘indisiga teng.*

Isbot. Tekis shakl biror *A* nuqtasining hamda mazkurnuqta atrofida tekis shaklning ω aylanish burchak tezligi va ε burchak tezlanishining algebraik qiymati berilgan bo‘lsin.

A nuqtani qutb deb, tekis shakl ixtiyoriy V nuqtasining tezligi

$$\vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{\omega} \times \overline{AB} \qquad (1)$$

B nuqtaning tezlanishini aniqlash uchun dan vaqt bo‘yicha hosila olamiz :

$$\vec{a}_B = \frac{d\vec{v}_B}{dt} = \frac{d\vec{v}_A}{dt} + \frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \overline{AB} + \vec{\omega} \times \frac{d\overline{AB}}{dt}$$

Bunda

$$\frac{d\vec{v}_A}{dt} = \vec{a}_A, \quad \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \vec{\varepsilon}, \quad \frac{d\overline{AB}}{dt} = \vec{v}_{BA} = \vec{\omega} \times \overline{AB}$$

Bo‘lgani uchun $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{\varepsilon} \times \overline{AB} + \omega \times \vec{v}_{BA}$

Bunda $\vec{a}_A$ - A nuqtaning tezlanishi,

$\vec{\varepsilon} \times \overline{AB} = \vec{a}^{\tau}_{BA}$ - B nuqtaning A qutb atrofida aylanishidagi tezlanishi,

$\vec{\omega} \times \vec{v}_{BA} = \vec{\omega}^{n}_{BA}$ - B nuqtaning A qutb atrofida aylanishidagi markazga intilma tezlanish .

Shunday qilib,

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{\tau}_{BA} + \vec{a}^{n}_{BA}$$

$$\vec{a}_{BA} = \vec{a}^{\tau}_{BA} + \vec{a}^{n}_{BA}$$

$\vec{a}_{BA}$ - B nuqtaning A atrofida aylanishdagi tezlanishi.

B nuqtaning A atrofida aylanishi tezlanuvchan bo‘lganda $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ A qutbga nisbatan aylanish yo‘nalishi bo‘yicha , sekinlanuvchan bo‘lganda esa – unga qarama – qarshi yo‘naladi, ya’ni $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ ning A qutbga nisbatan yo‘nalishi burchak tezlanishi $\bar{\varepsilon}$ ning yo‘nalishiga bog‘liq ravishda olinadi.

Natijada B nuqtaning tezlanishi quyidagi formuladan aniqlanadi.

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}$$

$$\vec{a}^{\tau}{}_{BA} = AB \cdot \varepsilon \qquad \vec{a}^{n}_{BA} = AB\omega^2$$

Shu sababli $\bar{a}_{BA}$ ning moduli quyidagicha aniqlanadi:

$$\vec{a}_{BA} = AB\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$$

$\bar{a}_{BA}$ ning yo‘nalishi

$$tg\mu = \frac{|\varepsilon|}{\omega^2}$$

7. Tezlanishlarning oniy markazi.

Tekis shaklning berilgan ondagi tezlanishi nolga teng bo‘lgan nuqtasi *tezlanishlarning oniy markazi* deyiladi.

Agar tekis shakl biror A nuqtasining tezlanishi $\vec{a}_A$ va tekis shaklning burchak tezligi ω hamda burchak tezlanishi ε berilgan bo‘lsa, tezlanishlarning oniy markazi quyidagicha aniqlanadi. Dastlab $tg\mu = \frac{|\varepsilon|}{\omega^2}$ μ burchak topiladi.So‘ngra tezlanuvchan aylanma harakat $\vec{a}_A$ vektorga harakat yo‘nalishi bo‘yicha, sekinlanuvchan aylanma harakatda esa aylanish yo‘nalishiga teskari yo‘nalishda μ burchak ostida AK to‘g‘ri chiziq shunday Q aniqlaymizki, bunda $AQ = \frac{\omega_A}{\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}}$ bo‘lsin. Q – nuqta tezlanishlarning oniy markazi.

$$\vec{a}_Q = \vec{a}_A + \vec{a}_{QA}, \qquad \vec{a}_{QA} = AQ \cdot \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4} = \vec{a}_A$$

Bundan tashqari, $\vec{a}_{QA}$ vektor AK to‘g‘ri chiziq bilan μ burchakni tashkil qiladi, ya’ni $\vec{a}_{QA}$ miqdor jihatdan $\vec{a}_A$ ga teng , yo‘nalishi esa $\vec{a}_A$ ga qarama –qarshidir. Shu sababdan $\vec{a}_Q = \vec{a}_A + \vec{a}_{QA} = 0$

Agar tezlanishlarning oniy markazi Q ni qutb deb, $\vec{a}_Q = 0$ bo‘lgani uchun

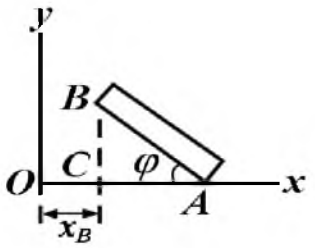
$$\vec{a}_B = \vec{a}_{QA} \qquad \vec{a}_B = BQ\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$$

Nazorat savollari

- Qattiq jismning ilgarilanma harakati deb nimaga aytiladi?
- Ilgarilanma harakati tezlik va tezlanish haqidagi teoremani ta'riflang.
- Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakat deb nimaga aytiladi?
- Jismning burchak tezligi deb nimaga aytiladi?
- Jismning burchak tezlanishi deb nimaga aytiladi?
- Tekis o'zgaruvchan aylanma harakatning burchak tezligi qaysi formula bilan topiladi.
- Tekis parallel harakat deb nimaga aytiladi?
- Tekis shakl tushunchasini izohlang.
- Tekis parallel harakat qanday harakatlar yig'indisidan iborat.
- Tezliklarning oniy markazi deb nimaga aytiladi?
- Tekis shakl nuqtasining tezlanishining teoremasini ta'riflang.
- Tezlanishlarning oniy markazi deb nimaga aytiladi?

Masala –14 .

AB sterjen $x_A = 2 + t^2$, $y_A = 0$, $\varphi = 0{,}25\pi t$ qonuniga ko'ra harakatlanadi. $t = 1$ sekund bo'lganda B nuqta absissasi aniqlansin. $AB = 3m$ (1-rasm).



1-rasm

Yechish: 1- rasmdan :

$$x_B = OA - CA,\ OA = x_A,\ x_B = x_A - AB\cos\varphi.$$

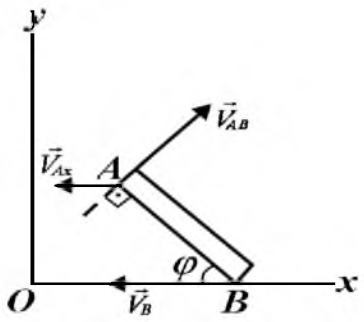
Formulaga son qiymatlarini qo'ysak:

$$x_B = 3 - 3\cos 0{,}25\pi = 3 - 3\frac{\sqrt{2}}{2}$$

yoki $x_B = 0{,}879\ m.$

Masala - 15 .

Uzunligi $AB = 2m$ bo'lgan sterjen Oxy tekislikda $x_B = 4\cos 0{,}5\pi t$ $y_B = 0,\ \varphi = 0{,}5\pi t$ _Tenglamalarga muvofiq harakatlanadi. $t = 0{,}24s$ bo'lganda A nuqta tezlik vektorining Ox o'qidagi proyeksiyasi aniqlansin. 2- rasm



2-rasm

Yechish: $\vec{V}_A = \vec{V}_A + \vec{V}_{AB}$.

Ox o'qiga proyeksiyalaymiz:

$$V_{Ax} = V_{Bx} + V_{(AB)x},$$

Bu yerda $V_{Bx} = \frac{dx_B}{dt} = -2\pi\sin 0{,}5\pi t,$

$$V_{AB} = \omega AB = \frac{d\varphi}{dt}AB = 0{,}5\pi AB,$$

$$V_{(AB)x} = V_{AB}\sin 0{,}5\pi t.$$

$t=1$ sekundda $V_{Bx}=-2\pi\sin\frac{\pi}{3}t=-\pi\sqrt{2}$, $V_{(AB)x}=\frac{\pi}{2}2\cdot\sin\frac{\pi}{4}\pi=\frac{\pi\sqrt{2}}{2}$.

Natijada $V_{Ax}=-\pi\sqrt{2}+\frac{\pi\sqrt{2}}{2}=-\pi\frac{\sqrt{2}}{2}$ yoki $V_{Ax}=-2{,}22м/с$.

Masala -16.

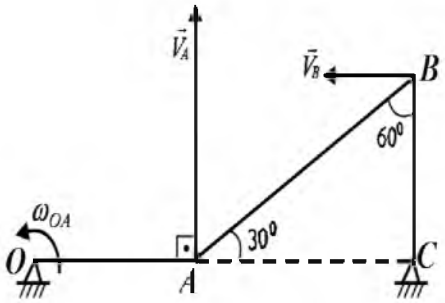
Rasmda ko‘rsatilgan krivoship-shatunli mexanizm B nuqtasining tezligi topilsin. A nuqta tezligi $V_A=1m/s$.

Yechish: Krivoship–shatun mexanizm A nuqtasining tezligi OA ga perpendikulyar, B nutasi tezligi CB ga perpendikulyar bo‘lib, yo‘nalishi rasmda ko‘rsatilgandek bo‘ladi.

$V_A\cos60°=V_B\cos30°$,

Bundan $V_B=V_A\frac{\cos60°}{\cos30°}$

Yoki son qiymatini qo‘ysak, $V_B=0{,}577м/с$.



Rasm -3

Dinamika

I bob. Moddiy nuqta va mexanik sistema dinamikasi.

1. Dinamikaning asosiy tushunchalari va asosiy qonunlari

Jismlarining mehanik harakatini uni vujudga keltiruvchi sabablar ya’ni o‘zining massasiga va qo‘ilgan kuchga bog‘lab tekshiradigan nazariy mehanikaning bo‘limi *dinamika* deyiladi.Umumiy holda jismga ta’sir etadigan kuchlar vaqtga, jismning vaziyatiga va tezligigiga bog‘liq bo‘ladi.

t - Harakat vaqti.

- Nuqtaning vaziyatini aniqlovchi radius vektor.

V - Nuqta tezligi.

Jismning harakati unga qo‘yilgan kuchlardan tashqari jismning inertlik xususiyatiga ham bog‘liqdir. Kuch ta’siridan jism o‘z tezligini tez yoki sekin o‘zgartirish xususiyati *jismning inertligi* deyiladi. Jismning inertligini miqdor jixatdan harakterlovchi fizik kattalik *jismning massasi* deyiladi.

Jismning massasi o‘zgarmas, skalyar va musbat kattalik deb qaraladi.

Dinamika ikki qismga bo‘lib o‘rganiladi.

1. Moddiy nuqta dinamikasi.
2. Mehanik sistema va qattiq jism dinamikasi.

Dinamika asosida 1687 yilda Nyuton kashf qilgan qonunlari yotadi va uni harakat qonunlari deyiladi.

1. Qonun (inersiya qonuni).

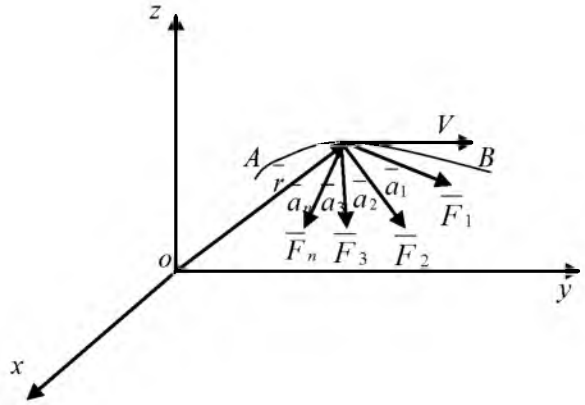
Tashqi ta’sirlardan tanxolangan nuqta biror kuch ta’sir etmaguncha o‘zining tinch holatini yoki teng o‘lchovli to‘g‘ri chiziqli harakatini saqlashga intiladi.

Inersiya qonuniga binoan bo‘lsa, bo‘lib $V = const$ bo‘ladi.

1 - Qonun ta’minlanadigan nuqtaning harakatiga *inersion harakat* deyiladi.

2 - Qonun (dinamikaning asosiy qonuni) (kuch bilan tezlanishning proporsionallik qonuni).

Moddiy nuqtaning kuch ta’siridan olgan tezlanishi bilan massasining ko‘paytmasi miqdor jihatdan shu kuchga teng bo‘lib, tezlanish kuch bilan bir hil yo‘nalishda bo‘ladi



1 - tenglama *dinamikaning asosiy tenglamasi* deyiladi. $m\vec{a} = \vec{F}$ (1)

(1) – tenglama bu kattaliklarining modullari orasidagi bog‘lanishga ham o‘rinli bo‘ladi.

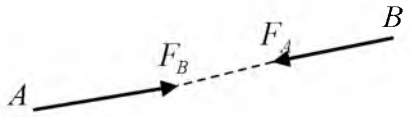
$$m\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} \quad (2) \qquad \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (3)$$

Har qanday jism bo‘shliqda og‘irlik ta’sirida yerga bir xil o‘zgarmas g tezlanish bilan tushishi tajribada aniqlangan.

$$P = mg \qquad m = \frac{P}{g} \qquad (4)$$

3 - Qonun. (ta’sir va aks ta’sirining tenglik qonuni).

Ikki moddiy nuqtaning o‘zaro ta’sir kuchlarini modullari teng va shu nuqtalarini tutashtiruvchi to‘g‘ri chiziq bo‘ylab qarama-qarshi tomonga yo‘nalgan.



$$\vec{F}_A = -\vec{F}_B \qquad (6)$$

4 - Qonun (kuchlar ta’sirining o‘zaro mustaqillik qonuni)

Moddiy nuqtaning unga qo‘ilgan bir necha kuchlar ta’siridan olgan tezlanishi har bir kuchning alohida ta’siridan nuqta oladigan tezlanishlarning geometrik yig‘indisiga teng. $m\vec{a} = \sum_{k=1}^{n} \vec{F}_k$

Klassik mexanik qonunlari o‘rinli bo‘lgan sanoq sistemasi *inersial sistema* deyiladi. Texnika masalalarini yechishda inersial sistema sifatida Yer bilan bog‘langan sistemasi bilan bevosita bog‘langan sistema olinadi.

Moddiy nuqta dinamikasining ikki asosiy masalasi:

Moddiy nuqta dinamikasining birinchi asosiy masalasida nuqtaning massasi va harakat qonuniga ko‘ra har onda bu harakatni vujudga keltiruvchi kuchni topish o‘rganiladi.

Moddiy nuqta dinamikasining ikkinchi asosiy masalasida massasi va nuqtaga ta'sir etuvchi kuch berilganda nuqtaning harakat qonuni aniqlanadi.

Moddiy nuqta harakatining differensial tenglamalari va ularni yechish.

Bu yerda F_τ, F_n, F_b - moddiy nuqta ta'sir etuvchi kuchning mos ravishda urinma, bosh normal va binormaldagi proyeksiyalari.

Shularga ko'ra dinamikaning asosiy tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$m\frac{dv}{dt}\vec{\tau}^0 + m\frac{v^2}{\rho}\vec{n}^0 = F_\tau\vec{\tau}^0 + F_n\vec{n}^0 + F_b\vec{b}^0$$

Oxirgi tenglikning ikki tomonidagi mos birlik vektorlar oldidagi koeffitsiyentlarni

$$m\frac{dv}{dt} = F_\tau$$

tenglab, $m\frac{v^2}{\rho} = F_n$

$$0 = F_b$$

Erkin moddiy nuqtaning tabiiy koordinata o'qlaridagi harakati differensial tenglamalarini ifodalaydi va nuqta differensial tenglamalarining Eyler formasida berilishidir

Bog'lanishdagi moddiy nuqta harakatining differensial tenglamasi.

Agar harakatlanuvchi moddiy nuqtaga biror bog'lanish qo'yilgan bo'lsa, differensial tenglamalarni tuzishda, bog'lanishdan bo'shatish haqidagi aksiomaga ko'ra, reaksiya kuchini ham ta'sir etuvchi kuchlar qatoriga qo'shib olinadi.

$$m\vec{a} = \vec{F} + \vec{N}$$

tenglama *bog'lanishdagi nuqta harakati differensial tenglamasining vektorli ifodasi* deyiladi.

Dekart koordinata o'qlariga proyeksiyalab,

$$m\ddot{x} = X + N_x$$
$$m\ddot{y} = Y + N_y$$
$$m\ddot{z} = Z + N_z$$

N_x, N_y, N_z - reaksiya kuchining koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari.

Agar moddiy nuqta kuch ta'sirida qo'zg'almas silliq egri chiziq bo'yicha harakatlansa, bu chiziqning normal reaksiya kuchini N bilan belgilab, nuqtaning tabiiy koordinata o'qlaridagi harakati differensial tenglamalarini quyidagicha yozish mumkin.

$$m\frac{dv}{dt} = F_\tau$$
$$m\frac{v^2}{\rho} = F_n + N_n$$
$$0 = F_b + N_b$$

Agar berilgan egri chiziq bir tekislikda yotsa, bu tekislik uchun egrilik tekisligi olinadi, u holda

$$m\frac{dv}{dt} = F_\tau \qquad \text{yoki} \qquad m\frac{d^2s}{dt^2} = F_\tau$$
$$m\frac{v^2}{\rho} = F_n + N_n \qquad\qquad m\frac{v^2}{\rho} = F_n + N_n$$

ko'rinishda yoziladi.

2. Mexanik sistema dinamikasi.

Bir – biri bilan ma'lum munosabatda bog'langan hamda har bir nuqtasining harakati boshqa nuqtalarining holati va harakatiga bog'liq bo'lgan moddiy nuqtalar to'plami *mexanik sistema* deyiladi.

Agar mexanik sistema nuqtalariga bog'lanishlar qo'yilgan bo'lsa, *bog'lanishdagi mexanik sistema* deyiladi. Agar mexanik sistemani tashkil etuvchi nuqtalar orasidagi masofalar doimo o'zgarmasdan qolsa, *o'zgarmas mexanik sistema* deyiladi. Mexanik sistemaga tashqi va ichki kuchlar ta'sir qiladi.

Mexanik sistema nuqtalariga bu sistemaga kirmaydigan nuqta yoki jismlarning ta'sir kuchlar *tashqi kuchlar* deyiladi. Mexanik sistemani tashkil etuvchi nuqtalarning o'zaro ta'sir kuchlari *ichki kuchlar* deyiladi.

Ichki kuchlarning *ikki xossasi* mavjud:

1. Sistema barcha ichki kuchlarning geometrik yig'indisi (ichki kuchlarning bosh vektori) nolga teng:

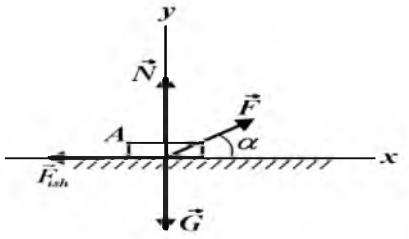
$$\sum_{k=1}^{n} \vec{F}_k^i = 0$$

2. Sistema barcha ichki kuchlarining ixtiyoriy nuqtaga nisbatan momentlarining geometrik yig'indisi (ichki kuchlarning bosh momenti) nolga teng:

$$\vec{M}_0^i = \sum M_0(\vec{F}_k^i) = 0$$

Masala -17.

Massasi 10 *kg* bo'lgan jism qo'zg'almas $\vec{F}$ kuch ta'sirida gorizontal tekislikda Ax o'q bo'ylab harakatlanadi (1-rasm). $\vec{F}$ kuchining Ax bilan hosil qilgan burchagi $\alpha = 30^0$. A jism tezligi 5 sekundda 2 *m/s* dan 4 *m/s* gacha o'zgartiruvchi $\vec{F}$ kuch aniqlansin. Ishqalanish koeffitsiyenti f = 0,15.



1-rasm

Yechish. Sanoq sistemasini 1- rasmdagidek tanlaymiz. A jismni moddiy nuqta deb qaraymiz. Unda og'irlik kuchi $\vec{G}$, gorizontal tekislik normal reaksiyasi $\vec{N}$, ishqalanish kuchi $\vec{F}_{ish}$ hamda qo'zg'almas $\vec{F}$ kuch ta'sir qiladi.

Masala shartiga ko'ra:

$t = 0$ da $V_{0x} = 2m/s$, $V_{0y} = 0$.

$t = 5$ da $V_x = 4m/s$.

A jismga ta'sir qiluvchi kuchlar impulslari yig'indisining Ax va Ay o'qlaridagi proyeksiyalariga asosan quyidagicha bo'ladi:

$$S_x = \int_0^5 (F\cos\alpha - F_{ish})dt\,, \quad S_y = \int_0^5 (N + F\sin\alpha - G)dt$$

$F_{ish} = fN$ bo'lgani uchun tenglama quyidagi ko'rinishni oladi:

$$S_x = \int_0^5 (F\cos\alpha - fN)dt \quad ,$$

$$S_y = \int_0^5 (N + F\sin\alpha - G)dt\,.$$

Moddiy nuqta harakat miqdorining o‘zgarishi haqidagi teoremani quyidagi ko‘rinishda yozib olamiz: $mV_x - mV_{0x} = S_x$, $mV_y - mV_{0y} = S_y$.

Jism gorizontal tekislik bo‘ylab harakat qilgani sababli $V_y = 0$. Buni e’tiborga olib qo‘ysak, $2m = \int_0^5 (F\cos\alpha - fN)\,dt$, $0 = N + F\sin\alpha - G$

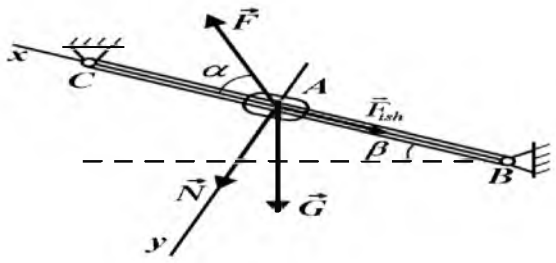
kelib chiqadi. $N = G - F\sin\alpha = mg - F\sin\alpha$

$2m = \int_0^5 (F\cos\alpha - fmg + fF\sin\alpha)\,dt$ yoki $2m = (F\cos\alpha - fmg + fF\sin\alpha)\cdot 5$

Son qiymatlarini qo‘ysak, noma’lum $\vec{F}$ kuchning miqdori aniqlanadi: $F = 20\ N$.

Masala -18.

Massasi 20 kg bo‘lgan A polzun (2-rasm) gorizont bilan $\beta = 30^0$ burchak hosil qiluvchi BC sterjen bo‘ylab F = 700 N kuch ta’sirida boshlang‘ich tezliksiz harakatlanadi. $\vec{F}$ kuch sterjen bilan $\alpha = 45^0$ burchak tashkil qiladi. Qancha vaqtdan so‘ng polzun tezligi Q = *2 m/s* ga yetadi. Ishqalanish koeffitsiyenti *0,2*. Sterjen og‘irligi hisobga olinmasin.



2-rasm

Yechish. Sanoq sistemasini 2-rasmdagidek tanlaymiz. Polzunni moddiy nuqta deb qarasak, unga $\vec{F}$ kuch, og‘irlik kuchi $\vec{G}$, sterjenga perpendikulyar bo‘lib pastga tomon yo‘nalgan sterjenning normal reaksiya $\vec{N}$, shuningdek ishqalanish kuchi, $\vec{F}_{uu}$ ta’sir qiladi. Polzun Ax o‘q bo‘ylab harakat qilgani sababli $V_{0y} = 0$, $V_y = 0/$ Masala shartiga ko‘ra:

$t = 0$ da $V_{0x} = 0$; $t = T$ da $V_x = 2м/с$.

Polzunga ta’sir qiluvchi kuchlarning *(0, T)* vaqt oralig‘idagi impulsining Ax va Ay o‘qlaridagi proyeksiyalari quyidagicha bo‘ladi:

$$S_x = \int_0^T (F\cos\alpha - F_{ish} - G\sin\beta)\,dt,$$

$$S_y = \int_0^T (-F\sin\alpha + N + G\cos\beta)\,dt.$$

Ifodalar hamda $F_{uu} = fN$ ni e’tiborga olsak, polzun harakat miqdorining o‘zgarishi haqidagi teoremaga ko‘ra quyidagicha yoziladi:

$$2m = \int_0^T (F\cos\alpha - f\,N - G\sin\beta)\,dt$$

$$0 = \int_0^T (-F\sin\alpha + N + G\cos\beta)\,dt$$

bundan

$$2m = (F\cos\alpha - fN - G\sin\beta)T$$
$$N = F\sin\alpha - G\cos\beta$$

kelib chiqadi.

Son qiymatini qo‘ysak:

$$N = 324{,}96\,n\,,\quad T = 0{,}12\,s.$$

II bob. Dinamikaning umumiy teoremalari

1. Moddiy nuqta uchun harakat miqdori va mexanik sistemaning harakat miqdori.

Nuqta massasi bilan tezlik vektori ko‘paytmasiga teng vektor kattalik nuqtaning *harakat miqdori* deyiladi. $\vec{q} = m\vec{v}$.

Miqdor va yo‘nalish jihatdan o‘zgarmas bo‘lgan kuch bilan uning ta’sir vaqtining ko‘paytmasiga teng vektor *kuchning impulsi* deyiladi. $\vec{S} = \vec{F}\cdot t$

Sistema nuqtalari harakat miqdorlarining geometrik yig‘indisiga teng bo‘lgan vektor *sistemaning harakat miqdori* deyiladi.

$$\vec{K} = \sum m_k \vec{v}_k \qquad (1)$$

$\vec{v} = \dfrac{d\vec{r}_k}{dt}$ va $m_k = const$ bo‘lgani uchun

$$\vec{K} = \sum m_k \frac{d\vec{r}_k}{dt} = \frac{d}{dt}\sum m_k \vec{r}_k \qquad (2)$$

$\sum m_k \vec{r}_k = M\vec{r}_c$ bo‘lgani uchun

$$\vec{K} = \frac{d}{dt}(M\vec{r}_c) = M\frac{d\vec{r}_c}{dt} = M\vec{v}_c$$

$$\vec{K} = M\vec{v}_c$$

Demak, *sistemaning harakat miqdori sistema massasi bilan uning massalar markazi tezligining ko‘paytmasiga teng.*

2. Moddiy nuqta harakat miqdorining o‘zgarishi haqida teorema.

Biror qo‘zg‘almas Oxyz koordinatalar sistemasiga nisbatan M nuqtaning kuch ta’siridagi harakatini kuzatamiz. Nuqtaning harakat qonuni

$$m\vec{a} = \vec{F} \quad \text{yoki} \quad \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \vec{F} \qquad (1)$$

$m\vec{v}$ – harakat miqdori.

(1) ning ikkala tomonini dt ga ko‘paytirib,

$$d(m\vec{v}) = \vec{F}dt \quad (2) \qquad \text{yoki} \qquad d(m\vec{v}) = dS$$

keltirib chiqaramiz.

$d\vec{S} = \vec{F}dt$ - kuchning dt vaqt ichidagi elementar impulsi deyiladi.

Moddiy nuqtaning harakat miqdori haqidagi teoremaning differensialli (2) ifodasini quyidagicha ta'riflaymiz: nuqta harakat miqdorining differensialli nuqtaga ta'sir etuvchi kuchning elementar impulsiga teng.

Nuqta harakat miqdorining chekli vaqt ichida o'zgarishini aniqlash uchun (2) ni integrallaymiz:

$$m\vec{v} - m\vec{v}_0 = \int_0^t \vec{F}dt$$

$m\vec{v} - m\vec{v}_0 = \vec{S}$ (3) chekli vaqt ichida nuqta harakat miqdorining biror koordinata o'qi bo'yicha o'zgarishi haqida teoremani ifodalaydi; nuqta harakat miqdorining biror chekli vaqt oralig'ida o'zgarishi unga ta'sir etuvchi kuchning shu vaqt ichidagi impulsiga teng.

Nuqta harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teoremadan quyidagi muhim natijalarni olamiz:

1. Agar nuqtaga ta'sir etuvchi kuch nolga teng bo'lsa, (2)tenglamaga ko'ra

$$d(m\vec{v}) = 0 \quad \text{yoki} \quad m\vec{v} = const \quad (4)$$

YA'ni nuqtaga ta'sir etuvchi kuch nolga teng bo'lsa, nuqtaning harakatmiqdori, miqdori va yo'nalish jihatdan o'zgarmas bo'ladi. (4) tenglik *nuqta harakat miqdorining saqlanish qonuniniifodalaydi.*

2. Agar kuchning biror o'qdagi proyeksiyasi nolga teng bo'lsa,

$$X = 0 \quad \text{u holda} \quad mv_x = const .$$

Agar nuqtaga bog'lanishlar qo'yilgan bo'lsa, (3) teoremadan foydalanishda berilgan kuchlarning impulsi qatoriga bog'lanish reaksiya kuchlarining impulslarini ham qo'shish kerak.

3. Sistema harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teorema.

Mexanik sistema N ta nuqtadan tashkil topgan bo'lsin.Sistemaga ichki va tashqi kuchlar ta'sir etayotgan bo'lsin. U holda sistema nuqtalari harakatining differensial tenglamalari quyidagicha yozildi.

$$\frac{d}{dt}(m_k\vec{v}_k) = \vec{F}_k^e + \vec{F}_k^i, (k = 1, \vec{N}) \quad (1)$$

(1)tenglamalar sistemasini qo'shamiz.

$$\frac{d}{dt}\sum m_k\vec{v}_k = \sum \vec{F}_k^e + \sum \vec{F}_k^i \quad (2)$$

$\sum m_k\vec{v}_k = \vec{K}$ - sistemaning harakat miqdori.

$\sum \vec{F}_k^e = \vec{R}^e$ - tashqi kuchlarning bosh vektori.

Ichki kuchlarning xossasiga ko'ra

$$\sum \vec{F}_k^i = 0$$

Natijani quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{d\vec{K}}{dt} = \vec{R}^e \qquad (3)$$

(3) tenglama *sistema harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teoremani* ifodalaydi: *sistema harakat miqdorining vaqt bo'yicha birinchi hosilasi sistemasiga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarning bosh vektoriga teng.*

(3) ni Dekart koordinata o'qlariga proyeksiyalab, sistema harakat miqdorining o'zgarishi haqidagi teoremani skalyar ko'rinishda yozamiz:

$$\begin{aligned} \frac{dK_x}{dt} &= R_x^e \\ \frac{dK_y}{dt} &= R_y^e \\ \frac{dK_z}{dt} &= R_z^e \end{aligned} \qquad (4)$$

(4) *cistema harakat miqdorining biror o'qdagi proyeksiyasidan vaqt bo'yicha olingan hosila, sistemaga ta'sir etuvchi tashqi kuchlar bosh vektorining mazkur o'qdagi proyeksiyasiga teng.*

4. Kuchning ishi va quvvati.

Ish harakatlanuvchi nuqtaga qo'yilgan kuchning nuqta tezligi modulini o'zgartiradigan ta'sirini ifodalaydi. Miqdori va yo'nalishi jihatdan o'zgarmas bo'lgan kuch ta'siridagi nuqtaning to'g'ri chiziqli harakatdagi ishini hisoblaymiz. Kuch qo'yilgan nuqta to'g'ri chiziq bo'yicha yo'lni o'tsin hamda kuchning yo'nalishi to'g'ri chiziq bilan ustma – ust tushsin. U holda musbat yoki manfiy ishora bilan olingan kuchning yo'lga ko'paytmasi *ish* deyiladi.

$$A = \pm F \cdot s$$

Agar kuchning yo'nalishi nuqta harakatlanayotgan to'g'ri chiziq bilan biror α burchak tashkil etsa, ish uchun

$$A = \pm F \cdot s \cos\alpha$$

o'rinli bo'ladi.

Agar kuchning miqdori va yo'nalishi o'zgaruvchan bo'lsa yoki kuch qo'yilgan nuqta egri chiziq bo'yicha harakat qilsa, nuqtaning butun o'tgan yo'lini fikran kichik bo'laklarga bo'lamizki, natijada bu bo'laklarning har birini to'g'ri chiziqli va mazkur bo'laklarga ta'sir etuvchi kuchlarni miqdori va yo'nalishi jihatdan o'zgarmas deb qarash mumkin bo'lsin.

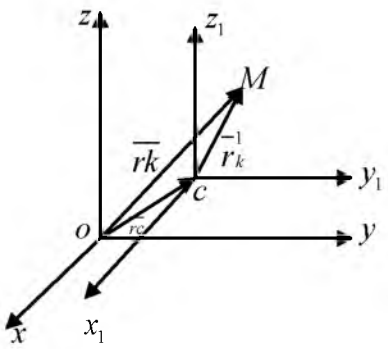
$$dA = F\cos(\vec{F},\vec{v})ds \qquad ds = vdt \qquad dA = F \cdot v \cdot dt\cos(\vec{F},\vec{v}) = \vec{F}\cdot\vec{v}dt$$

Kuchning elementar ishi deb, shu kuch bilan u qo'yilgan nuqta elementar ko'chishining skalyar ko'paytmasiga teng kattalik aytiladi. $d'A = \vec{F}\cdot d\vec{r}$ Kuchning vaqt birligi ichida bajargan ishi *quvvat* deyiladi.

$$N = \frac{dA}{dt} \qquad \text{yoki} \qquad N = \frac{\vec{F}d\vec{r}}{dt} = \vec{F}\cdot\vec{v}$$

5. Nuqta va sistemaning kinetik energiyasi

Nuqta massasining uning tezligi kvadratiga ko‘paytmasining yarmiga teng bo‘lgan $\frac{mv^2}{2}$ skalyar kattalik nuqtaning *kinetik energiyasi* deyiladi.



Mexanik sistemaning kinetik energiyasi uning barcha nuqtalari kinetik energiyalarining yig‘indisiga teng.

$$T = \sum \frac{m_k v_k^2}{2} \quad (1)$$

kattalik sistemaning kinetik energiyasi deyiladi.

Nuqta yoki sistemaning kinetik energiyasi nuqtalar tezliklarining yo‘nalishiga bog‘liq

bo‘lmaydi. Mexanik sistemaning barcha nuqtalari tinch holatda bo‘lgandagina sistemaning kinetik energiyasi nolga teng bo‘ladi.

Mexanik sistema qo‘zg‘almas OXYZ sistemaga nisbatan harakatlansin.

Sistemaning massalar markazi C nuqtada olingan va u bilan ilgarilanma harakatlanadigan C, X, Y, Z koordinatalar sistemasiga nisbatan absalyut harakatini massalar markazi bilan birgalikdagi ilgarilanma harakat va undan o‘tuvchi C x,u,z koordinatalar sistemasiga nisbatan aylanma harakatdan tashkil topgan deb qarash mumkin.

Rasmdan $r_k = \bar{r}_c + \bar{r}'_k$

M_k nuqta tezligi uchun $\bar{\upsilon}_k = \bar{\upsilon}_c + \bar{\upsilon}'_k$ (2) formula o‘rinli.

Bundan $\bar{v}'_k = \frac{d\bar{r}'_k}{dt}$ nuqtaning nisbiy tezligidir. $v_k^2 = \bar{v}_k^2$ ekanini nazarda tutib, (1) va (2)larga ko‘ra sistemaning absolyut harakatidagi kinetik energiyasini hisoblaymiz:

$$T = \frac{v_c^2}{2}\sum m_k + \sum \frac{m_k \bar{v}_k^2}{2} + v_c \cdot \sum m_k \bar{v}'_k \quad (3)$$

bunda $\sum m_k = M$ -sistema massasi; $\sum \frac{m_k v_k'^2}{2} = Tc$ -sistemaning massalar markaziga nisbatan nisbiy harakati kinetik energiyasi.

$$\sum m_k \bar{v}'_k = \sum m_k \frac{d\bar{r}'_k}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\sum m_k v_k'^2\right) = 0$$

Harakatdagi koordinatalar sistemasining boshi massalar markazida olingan tufayli $\sum m_k \bar{r}'_k = M\bar{r}'_c = 0$ bo‘ladi.

(3) qo‘ydagicha yozish mumkin.

$$T = \frac{Mv_c^2}{2} + T'_c; \quad (4)$$

(4) tenglik Kyo ning teoremasi: *murakkab harakatdagi sistemaning kinetik energisi massasi sistema massasiga teng deb olinadigan massalar markazining kinetik energiyasi hamda massalar markazi bilan birgalikda ilgarilanma harakatlanuvchi koordinatalar sistemasiga nisbatan sistemaning nisbiy harakat kinetik energiyalarining yiIindisiga teng.*

6. Qattiq jismning kinetik energiyasi.

Qattiq jism ilgarilanma harakatda bo‘lsa, barcha nuqtalarning tezligi har onda o‘zaro teng buladi: $\overline{V}_k = \overline{V}_C$; bunda $\overline{V}_C$-jismli massa markazining tezligi

$$T = \sum \frac{m_k \cdot V_k^2}{2} = \frac{V_c^2}{2} \sum m_k = \frac{MV_C^2}{2} \quad (5)$$

Ilgarilanma harakatdagi jismning kinetik energiyasi massasi butun jism massasiga teng massalar markazining kinetik energiyasiga teng.

1. Qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanayotgan jism istalgan M_k nuqtasi tezligining moduli $V_k = \omega h_k$ formuladan aniqlanadi. Bunda ω- jismning burchak tezligi, h_k – jismning M_k nuqtasidan aylanish o‘qigacha bo‘lgan masofa. Jismning kinetik energiyasi

$$T = \sum \frac{m_k V_k^2}{2} = \sum \frac{m_k \omega^2 h_k^2}{2} = \frac{\omega^2}{2} \sum m_k h_k^2 \quad (6)$$

yoki $T = J_z \frac{\omega^2}{2}$;

bunda $J_z = \sum m_k h_k^2$ - jismning aylanish o‘qiga nisbatan inersiya momenti.

Binobarin, qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanayotgan jismning kinetik energiyasi jismning aylanish o‘qiga nisbatan inersiya momenti bilan uning burchak tezligi kvadrati ko‘paytmasi yarmiga teng.

7. Potensialli kuch maydoni

Nuqtaga qo‘yilgan birlik kuchining, elastiklik kuchining yoki markaziy kuchlarning nuqtalarining biror ko‘chishiga ishlari shu nuqtaning harakat qonuniga bog‘liq bo‘lmaydi. Bunday kuchlar ***potensialli kuchlar*** deb ataluvchi kuchlar turkumiga kiradi.

Fazoning biror soxasiga kiritilgan moddiy nuqtalarga nuqtalar koordinatalarining funksiyasi bo‘lgan kuch ta’sir etsa, bunday soha ***kuch maydoni*** deyiladi.

Maydon kuchini F (x, y, z) bilan belgilasak, bu kuchning elementar ishi quyidagiga yoziladi.

$$dA = x(x, y, z)dx + y(x, y, z)dy + z(x, y, z)dz \quad (14)$$

Tenglikni o‘ng tomondagi uch hadni U (x u z) funksiyaning to‘liq differensiali bo‘ladigan kuch maydonini yozamiz.

$$dA = dU \quad (15)$$

Bu formula *potensialli kuch maydoni* deyiladi.

Potensialli kuch maydonida bajarilgan elementar ish formulada aniqlanadi.

$$dA = xdx + ydy + zdz \quad (16)$$

V funksiyaning to‘liq differensiali uchun quyidagi ifodani yozish mumkin.

$$dU = \frac{dU}{dx} \cdot dx + \frac{dU}{dy} dy + \frac{dU}{dz} dz \quad (17)$$

(15) formula o‘rinli bo‘lishi uchun (16) va (17) tengliklardagi dx , dy , dz lar oldidagi mos koeffitsiyentlar o‘zaro teng bo‘lishi zarur.

$$x = \frac{dU}{dx}; \quad y = \frac{dU}{dy}; \quad z = \frac{dU}{dz}; \quad (18)$$

(18) shartlarini qanoatlantiruvchi x, u, z koordinatalarning bir qiymatli, chekli va differensiallanadigan V funksiyasi mavjud bo‘lsa, ya’ni maydon kuchining koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari V funksiyadan mos koordinatalar bo‘yicha olingan hususiy hosilalarga teng bo‘lsa, bunday kuch maydoni potensialli kuch maydonidan iborat bo‘ladi.

V funksiya kuch funksiyasi deb, bunday maydon kuchi potensiallik kuchyoki *kanservativ kuch* deb ataladi.

Potensialli maydon kuchi $\overline{F}$ quyidagicha aniqlanadi.

$$\overline{F} = \frac{dU}{dx} \cdot \overline{i} + \frac{dU}{dy} \cdot \overline{j} + \frac{dU}{dz} \cdot \overline{k} \quad \text{yoki} \quad \overline{F} = gradU$$

8. Potensial energiya.

Potensialli kuch maydonida kuchning potensiali U bilan bir qatorda maydonning biror nuqtasidagi to‘plangan energiya miqdorini ifodalovchi va potensial energiya deb ataladigan boshqa P funksiyani kiritish mumkin. Moddiy nuqta biror M xolatdan boshlangich M_0 xolatga ko‘chishida unga ta’sir etuvchi maydon kuchlarining ishi maydonning berilgan M nuqtadagi P *potensial energiyasi* deyiladi.

Shunday qilib, $P = A = U_0 - U$

Bunda U_0 o‘zgarmas bo‘lib, harakatdagi nuqtaning boshlangich holatiga boglik bo‘ladi. Shu sababli maydonning biror nuqtasidagi potensial energiya ixtiyoriy o‘zgarmasgacha aniqlik bilan mazkur nuqtadagi manfiy ishora bilan olingan kuch funksiyasiga teng bo‘ladi.

Agar nuqtaning boshlangich holati $U_0 = 0$ nuqtada olinsa,

$$P = - U$$

bo‘ladi. Bu tenglikni nazarda tutib, elementar ish va chekli kuchishdagi ish uchun quyidagi ifodalarni yozish mumkin.

$$d’A = d\,U = -dP, \quad A = U - U_0 = P_0 - P$$

potensialli kuch maydonidagi nuqta xar onda $T = \frac{mv^2}{2}$ ga teng kinetik energiyaga va $P = - U$ potensial energiyaga ega bo‘ladi. Bu energiyalarning yig‘indisi, ya’ni

$$E = T + P$$

Moddiy nuqtaning *to‘liq mexanik energiyasi* deyiladi.

9. Sistema mexanik energiyasining saqlanish qonuni.

Sistema kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremani

$$T - T_0 = \sum A_k^e + \sum A_k^i = \sum A_k \quad (1)$$

ko‘rinishda yozish mumkin.

Agar sistema nuqtalariga ta’sir etuvchi ichki va tashqi kuchlar konservativ kuchlardan iborat bo‘lsa, quyidagi munosabat o‘rinli bo‘ladi:

$$\sum A_k = P_0 - P$$

bunda P_0 , P lar bilan sistema nuqtalariga ta’sir etuvchi ichki va tashqi kuchlarning boshlang‘ich va istalgan paytga mos bo‘lgan potensial energiyalari belgilangan. Bu holda (1) ni qo‘yidagicha yozish mumkin:

$$T - T_0 = P_0 - P$$

yoki

$$T + P = T_0 + P_0 = h \quad (2)$$

bunda h – o‘zgarmas kattalik.

To‘liq mexanik energiyani E bilan belgilasak,

$$E = T + P = h \quad (3)$$ bo‘ladi.

(3) formula energiya integrali deyiladi va mexanik sistema energiyasining saqlanish qonunini ifodalaydi; konservtiv kuchlar ta’siridagi mexanik sistema kinetik va potensial energiyalarining yig‘indisi o‘zgarmasdan qoladi.

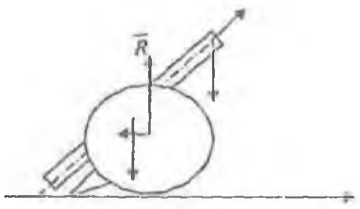
Mexanik sistemaning saqlanish qonuni o‘rinli bo‘ladigan mexanik sistemalari *konservativ sistemalar* deyiladi.

Masala – 19.

Gorizontal bilan $\alpha = 30^0$ burchak tashkil qiluvchi to‘p stvolining og‘irligi , to‘p o‘qining og‘irligi $P_2 = 540H$. O‘q stvolining og‘zidan chiqishida $v_2 = 900м/с$ tezlik bilan harakat qiladi.O‘qning otilib chiqish paytida to‘p stvolining erkin suratda orqaga tepish tezligining gorizontal tuzuvchisi aniqlansin.

Yechish: Koordinatalar boshi 0 nuqtada olib, x o‘qni gorizontal bo‘ylab o‘ngga yo‘naltiltiramiz. To‘p stovili va o‘qi mexanik sistemani tashkil etadi.Sistemaga stvol va o‘qning og‘irlik $\overline{P}_1 ва \overline{P}_2$ hamda bog‘lanish reaksiya kuchi R ta’sir qiladi. Bu kuchlar x o‘qqa perpendikulyar bo‘lgani uchun $\overline{R}_x^e = 0$. Shu sababli sistema harakat miqdorini x o‘q bo‘ylab saqlanish qonuniga ega bo‘lamiz.

$K_x = const$



Bog‘lang‘ich t = 0 paytda, ya’ni o‘q otilishi oldida stvol va o‘qning tezliklari nolga teng.

$v_{10} = 0 \; v_{20} = 0$

O‘q to‘p stvolidan chiqish paytidagi stvol tezligining gorizontal tashkil etuvchisi v_{1x} ni aniqlash kerak. Berilgan boshlang‘ich shartlarga ko‘ra:

$K_x = 0$ ya’ni $\quad m_1 v_{1x} - m_2 v_{2x} = 0 \quad$ yoki $\quad \frac{P_1}{g} v_{1x} + \frac{P_2}{g} v_2 \cos 30^0 = 0$

Bundan $\quad v_{1x} = -\frac{P_2 v_2}{P_1} \cos 30^0 = -\frac{540 \cdot 900}{11000} \frac{\sqrt{3}}{2} = -3{,}82 м/с$

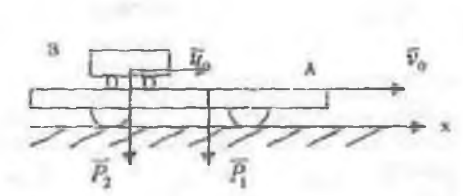
Bunda manfiy ishora to‘p stvolining tepish tezligi o‘q harakatiga qarama-qarshi tomonga qarab yo‘nalganligini ifodalaydi.

Masala -20 .

Inersiyasi bo‘yicha $\bar{v}_0$ tezlik bilan harakatlanuvchi gorizontal A platforma bo‘ylab V telejka u_0 nisbiy tezlik bilan harakatlanadi. Ma’lum vaqtda telejka tormozlanadi. Agar M –platforma massasi, m – telejka massasi ma’lum bo‘lsa, telejka to‘xtagandan keyin uning platforma bilanbirgalikdagi tezligi aniqlansin.

Yechish: x o‘qini platformaning harakat yo‘nalishida olamiz. Platforma va telejkani sistemadeb qarasak, sistema nuqtalariga vertikal pastga yo‘nalgan R_1 va R_2 og‘irlik kuchlari ta’sir etadi. Shu sababli tashqi kuchlar boshi vektorining x o‘qidagi proyeksiyasi nolga teng bo‘ladi, ya’ni $\bar{R}_x^e = 0$

Uholda x o‘qi bo‘yicha sistema harakat miqdorining saqlanish qonuniga asosan $K_x = K_{ox}$ tenglik bilan ifodalanadi, bu yerda



$K_{ox} = m(v_0 + u_0) + Mv_0 \qquad K_x = (M+m)v$

bo‘lgani uchun quyidagi hosil bo‘ladi:

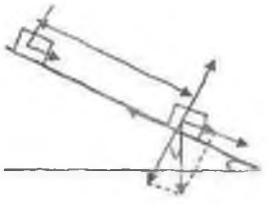
$(M+m)v = m(v_0 + u_0) + Mv_0$

Bundan izlanayotgan tezlikni topamiz: $v = v_o + \dfrac{m}{M+m}u_0$

Masala -21.

Boshlang‘ich tezligi $\bar{v}_0$ ga teng bo‘lgan jism gorizont bilan α burchak tashkil etuvchi qiya tekislik bo‘ylab harakatlanadi. Jism bilan tekislik orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti *f* ga teng.Nuqta s yo‘lni o‘tgandan so‘ng qanday tezlikka ega bo‘lishi aniqlansin.

Yechish: Jismga $P = mg$ og‘irlik kuchi, N qiya tekisliyening normal reaksiya kuchi va $F_{ишк} = fN$ sirpanishdagi ishqalanish kuchlari ta’sir etadi. R kuchni qiya tekislik bo‘yicha va unga perpendikulyar yo‘nalishda R_1 va R_2 tashkil etuvchilarga ajratamiz. U holda



$P_1 = mg\sin\alpha \quad P_2 = mg\cos\alpha$ bo‘ladi.

Binobarin, normal reaksiya kuchi

$N = P_2 = mg\cos\alpha$ va ishqalanish kuchi

$F_{ишк} = fmg\cos\alpha$

formulalardan aniqlanadi. Berilgan jism S yo‘lni o‘tishida kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremasini qo‘llaymiz: $\dfrac{mv^2}{2} - \dfrac{mv^2{}_o}{2} = P_1 \cdot S$ yoki

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

Bundan $v = \sqrt{v^2{}_0 + 2mgS(\sin\alpha - f\cos\alpha)}$

Nazariy mexanikadan test savollari

1. Nazariy mexanika fani nimani o‘rgatadi?

1. Issiqlik mashinalari yordamida issiqlik hosil qilish, uni boshqa turdagi energiyaga aylantirib berish, taqsimlash, uzatish usullarini nazariy va amaliy jihatdan o‘rganadigan fan.
2. Moddiy jismlarning bir-biriga ta’siri va mexanik harakatning umumiy qonunlari haqidagi fan.
3. Foydali ish bajarayotgan mashina ish mexanizmining to‘g‘ri ishlashini, mahsulot sifatining buzilishiga yo‘l qo‘ymaslik uchun, mexanizmlar qismlarining ma’lum bir davrgacha harakatini va harakatning o‘zgarishidan vujudga keladigan kuchlarni analiz o‘ilish va jarayonlarni o‘rgatadi.
4. Suyuqliklarning muvozanat va harakat qonun-qoidalari o‘rganuvchi fan.

2. Mexanik harakat deb nimaga aytiladi?

1. Fazoda vaqt o‘tishi bilan moddiy jismlarning bir-birlariga nisbatan ko‘chishiga.
2. Moddiy jismlar o‘zaro ta’sirning miqdoriy o‘lchoviga.
3. Kuchlar ta’sirida bo‘lgan jismning ixtiyoriy ikki nuqtasi orasidagi masofa o‘zgarmasligi.
4. O‘lchamlari e’tiborga olinmaydigan darajada kichik bo‘lgan, massasi bir nuqtaga qo‘yilgan jismga.

3. Kuch qanday elementlar bilan aniqlanadi?

1. Miqdori, qo‘yilgan nuqtasi **2. Miqdori, qo‘yilgan nuqtasi, ta’sir chizig‘i**
3. Miqdori, qo‘yilgan nuqtasi, yo‘nalishi 4. Masshtabi, qo‘yilgan nuqtasi

4. Qanday kattaliklar vektor kattaliklarga kiradi?

1. Kuch, tezlik, tezlanish, og‘irlik **2. Hajm, uzunlik, maydon**
3. Temperatura, vaqt, bosim 4. Balandlik, solishtirma og‘irlik, quvvat

5. Bog‘lanish reaksiyasi kuchi deb nimaga aytiladi?

1. Bog‘lanishning jismga ko‘rsatadigan ta’siriga
2. Bog‘lanish jismning siljishiga qarshilik ko‘rsatib, ta’sir qiladigan kuchga
3. Moddiy jismlar ta’sirning miqdoriy ulchoviga
4. Ta’sir etuvchi kuchlarni o‘rnini bitta kuch bosa olsa, bunday kuchga

6. R_1=15N; R_2=20N va R_3=45N kuchlar jismga bir to‘g‘ri chiziq bo‘ylab ta’sir etadi. R_1 va R_2 kuchlari o‘ng, R_3 esa chap tomonga yo‘nalgan. Teng ta’sir etuvchining qiymati va yo‘nalishini anglang.

1. 80 N, chapga yo‘nalgan 2. 35 N, o‘nga yo‘nalgan
3. 10 N, chapga yo‘nalgan 4. 10 N, o‘nga yo‘nalgan

7. Kesishuvchi kuchlar sistemasi deb nimaga aytiladi?

1. Jismga ta’sir etuvchi kuch to‘plamiga
2. Ta’sir etayotgan kuchlar sistemasini boshqa biror kuchlar sistemasi bilan almashtirishda jism holati o‘zgarmasa, bunday kuchlar sistemasiga
3. Ta’sir chiziqlari bir nuqtada uchrashadigan kuchlar sistemasiga
4. Agar jismga ta’sir etuvchi kuchlar bir tekislikda yotsa, bunday kuchlar sistemasiga

8. Kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanat shartining analitik ifodasi?

1. $\sum_{k=1}^{n} X_k = 0;\quad \sum_{k=1}^{n} y_k = 0;\quad \sum_{k=1}^{n} z_k = 0;$ 2. $\sum_{k=1}^{n} \overline{F}_k = 0;\ k_x \sum_{k=1}^{n} X_k;\ R_y \sum_{k=1}^{n} Y_k;$

3. $\sum M_{kx} = 0;\ \sum M_{ky} = 0;\ \sum M_{kz} = 0;$ 4. $\sum X_k = 0;\ \sum Y_k = 0;\ \sum Z_k = 0;$

9. Kesishuvchi kuchlar sistemasining ... tashkil etuvchi kuchlarning geometrik yig‘indisiga teng va shu kuchlar ta’sir chiziqlarining kesishgan nuqtasiga qo‘yilgan bo‘ladi.

1. Teng ta’sir etuvchisi 2. Tashkil etuv 3. Muvozanatlovchi 4. Bir nuqtaga qo‘yilgan

10. Bir nuqta kesishuvchi kuchlar sistemasi muvozanatda bo‘lishi uchun mazkur kuchlarning geometrik yig‘indisi nolga teng bo‘lishi zarur va yetarlidir. Ta’rif qaysi formulaga taaluqli?

1. $R_x = \sum_{k=1}^{n} Xk;\ R_y = \sum_{k=1}^{n} Yk;\ R_z = \sum_{k=1}^{n} Zk$ 2. $\sum_{k=1}^{n} \overline{F}_k = 0;$

3. $\overline{F}_x = X = F\cos a;$ 4. $\overline{R} = \overline{F}_1 + \overline{F}_2 + \overline{F}_3 + \cdots + \overline{F}_n = \sum_{k=1}^{n} \overline{F}_n;$

11. Bir tekislikda yotuvchi va o‘zaro parallel bo‘lmagan uchta kuch muvozanatlashsa, ularning ta’sir chiziqlari .....

1. Bir nuqtada kesishmaydi 2. Bir nuqtada yotadi
3. Bir nuqtada kesishadi 4. Bir nuqtada yotmaydi

12. Kuchning o‘qdagi proyeksiyasi qanday kattalik?

1. Vektor 2. O‘zgarmas 3. Skalyar 4. Musbat

13. Kuchning koordinata o‘qlarini proyeksiyalari qaysi formula bilan topiladi:

1. $X = F \cdot \cos\alpha;\ Y = F \cdot \cos\beta;\ Z = F \cdot \cos\gamma;$ 2. $\cos\alpha = \frac{x}{F};\ \cos\beta = \frac{y}{F};$

$\cos\gamma = \frac{z}{F};$

3. $F = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2};$ 4. $X = F\cos\varphi\cos\alpha;$

$Y = F\cos\varphi\sin\alpha;$

14. Parallel kuchlar sistemasi deb nimaga aytiladi?

1. Ta’sir chiziqlari o‘zaro parallel bo‘lgan kuchlar sistemasiga
2. Ta’sir chiziqlari bir yeuqtada uchrashadigan kuchlar sistemasiga
3. Kuchlar sistemasi ta’siridagi jism muvozanat holatida bo‘lsa, bunday kuchlar sistemasiga
4. Jismga bir nechta kuchlar ta’sir etsa, bunday kuchlar to‘plamiga

15. Juft kuchlar deb nimaga aytiladi?

1. Jismga bir nechta kuchlar ta’sir etsa, bunda kuchlar to‘plamiga
2. Kuchlar sistemasi ta’siridagi jism muvozanat holatida bo‘lsa, bunday kuchlar sistemasiga
3. Bir-biriga teskari yo‘nalgan, miqdori jihatidan teng ikkita, ta’sir chiziqlari kesishmaydigan kuchlarga
4. Ta’sir chiziqlari o‘zaro parallel bo‘lgan kuchlar sistemasiga

16. Juft kuch jismni qanday harakatga keltiradi?

1. Ilgarilanma – qayta 2. Aylanma 3. Ilgarilanma 4. Egri chiziqli

17. Juft tashkil etuvchi kuchlarning ta'sir chiziqlari orasidagi eng qisqa masofaga ... deyiladi

1. Juft kuch 2. Juft kuch tekisligi 3. Juft kuch yelkasi 4. Juft kuchning momenti

18. Kuchning nuqtaga nisbatan momenti qaysi formula bilan topiladi?

1. $M=\pm F_1 \cdot h=\pm F_2 \cdot h$; 2. $M_0(F)=\pm F \cdot h$; 3. $\left|M_0(\overline{F}) = \pm F \cdot h\right|$. 4. $\sum_{k=1}^{n} M_k = 0$.

19. Moment markazidan kuchning ta'sir chizig'iga tushirilgan perpendikulyar kesma ... deyiladi.

1. Moment markazi 2. Kuchning nuqtaga nisbatan momenti 3. Kuch yelkasi 4. Juft kuch yelkasi

20. Kuchning miqdori va yo'nalishini o'zgartirmay, ta'sir chizig'i bo'ylab istalgan nuqtaga ko'chirilsa, kuch momenti ...

1. O'zgaradi 2. O'zgarmaydi 3. 0 ga teng 4. 0 dan farqli

21. Agar kuchning ta'sir chizig'i moment markazidan o'tsa, uning shu nuqtaga nisbatan momenti... bo'ladi.

1. O'zgaradi 2. O'zgarmaydi 3. 0 ga teng 4. 0 dan farqli

22. Tekislikdagi kuchlar sistemasi deb nimaga aytiladi?

1. Jismga bir nechta kuchlar ta'sir etsa bunday kuchlar to'plamiga
2. Ta'sir chiziqlari bir-biriga parallel bo'lgan kuchlar sistemasiga
3. Jismga ta'sir etuvchi kuchlar bir tekislikda yotsa, unga
4. Ta'sir chiziqlari fazoda ixtiyoriy joylashga kuchlar sistemasiga

23. 0 markazga qo'yilgan kuchlarni geometrik qo'shib, kuchlar sistemasining ... deb ataladi, bitta kuch olamiz.

1. Bosh moment 2. Bosh vektor 3. Teng ta'sir etuvchi 4. Ekvivalent

24. Tekislikdagi kuchlar sistemasining biror markazga nisbatan bosh momenti tashkil etuvchi kuchlarning shu markazga nisbatan momentlarining algebraik yig'indisiga teng.

1. Bosh vektor 2. Bosh moment 3. Teng ta'sir etuvchi 4. Moment

25. Tekislikdagi kuchlar sistemasini biror O markazga keltirish natijasida bu kuchlar sistemasi keltirish markaziga qo'yilgan ... teng bitta kuch hamda momenti ... ga teng bitta juftga ekvivalent bo'ladi.

1. Bosh vektor, bosh moment 2. Keltirish markazi, moment

3. Bosh vektor, teng ta'sir etuvchi markazi 4. Bosh moment, keltirish

26. Tekislikdagi kuchlar sistemasining bosh momenti qaysi formula bilan topiladi?

1. $R_0 = \sum_{k=1}^{n} \overline{F}_k$; 2. $M_0 = \sum_{k=1}^{n} M_0(\overrightarrow{F_k})$; 3. $M_x = \sum_{k=1}^{n} M_x(\overrightarrow{F_k})$;

4. $M_0(\overline{F}) = 2S_{\Delta OAB}$

27. Tekislikdagi kuchlar sistemasi muvozanati shartlarining analitik ifodasi?

1. $\sum_{k=1}^{n} \overline{X}_k = 0$; $\sum_{k=1}^{n} \overline{Y}_k = 0$; $\sum_{k=1}^{n} \overline{Z}_k = 0$; 2. $\sum_{k=1}^{n} \overline{F}_k = 0$;

3. $\sum X_k = 0$; $\sum Y_k = 0$; $\sum M_0(\overline{F}_k) = 0$;

4. $\sum X_k = 0$; $\sum Y_k = 0$; $\sum Z_k = 0$; $\sum M_x = 0$;

28. Bosh vektorning moduli va yo'nalishi keltirish markazining tanlanishiga ...

1. Bog'liq bo'lmaydi 2. Bog'liq bo'ladi 3. Aloqasi yo'q 4. Farqi yo'q

29. Fazoviy kuchlar sistemasi deb nimaga aytiladi?

1. Ta'sir chiziqlari fazoda ixtiyoriy joylashgan kuchlar sistemasiga
2. Bir nuqtada ta'sir chiziqlari kesishuvchi kuchlar sistemasiga
3. Ta'sir chiziqlari bir-biriga parallel bo'lgan kuchlar sistemasiga
4. Jismga ta'sir etuvchi kuchlar bir tekislikda yotgan kuchlar sistemasiga

30. Fazodagi kuchlar sistemasi muvozanatining analitik shartining ifodasi.

1. $\sum X_k = 0$; $\sum Y_k = 0$; $\sum Z_k = 0$; 2. $\sum X_k = 0$; $\sum Y_k = 0$; $\sum M_k = 0$;

3. $\sum X_k = 0$; $\sum Y_k = 0$; $\sum Z_k = 0$; $\sum M_x = 0$; $\sum M_y = 0$; $\sum M_z = 0$;

4. $\sum Z_k = 0$; $\sum M_x(\overline{F_k}) = 0$; $\sum M_y(\overline{F_k}) = 0$;

31.Statik aniq masala deb nimaga aytiladi?

1. Berilgan masalada noma'lumlar soni muvozanat tenglamalari soniga teng bo'lsa
2. Agar masalada noma'lumlar soni muvozanat tenglamalari sonidan ortiq bo'lsa
3. Fermalarning bironta sterjeni olib tashlanganda, uning bikrligi o'zgarsa
4. Fermalarning bironta sterjni olib tashlanganda, uning bikrligi o'zgarmasa

32. Statik aniqmas masala deb nimaga aytiladi?

1. Berilgan masalada noma'lumlar soni muvozanat tenglamalari soniga teng bo'lsa
2. Agar masalada noma'lumlar soni muvozanat tenglamalari sonidan ortiq bo'lsa
3. Fermalarning bironta sterjeni olib tashlanganda, uning bikrligi o'zgarsa
4. Fermalarning bironta sterjni olib tashlanganda, uning bikrligi o'zgarmasa

33. Ishqalanish deb nimaga aytiladi?

1. Reaksiya kuchiga 2. Ikki jismning o'zaro ta'siriga
3. Jismni harakatlantiruvchi kuchga teng va qarama-qarshi tomonga yo'nalgan kuchga
4. Bir jismning boshqa jism ustida harakatlanishga qarshilik ko'rsatuvchi kuchga

34. Ishqalanish koeffitsiyentiga qanday faktorlar ta'sir etadi?

1. Og‘irlik, harakat tezligi
2. Harakatlantiruvchi kuch, ishqalanuvchi sirtlarning kattaligi
3. Harakat yo‘nalishi, ishqalanish kuchining yo‘nalishi
4. Material, ishqalanuvchi sirtlarning tozaligi

35. Bog‘lanishning to‘la reaksiya kuchi qaysi formula yordamida topiladi?

1. $\overline{R} = \overline{F} + N$; 2. $\overline{R} = \sum \overline{F}_k$; 3. $\overline{R} = 0$; 4. $\overline{R} = \overline{F_1} + \overline{F_2} + \overline{F_3}$

36. Ishqalanish kuchini qaysi formula yordamida topiladi?

1. $\overline{F} = f \cdot N$; 2. $\overline{F} = m \cdot a$; 3. $\overline{F} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$; 4. $\overline{F} = k^2 mr$;

37. Ishqalanish kuchi eng katta qiymatga erishganda to‘la reaksiya kuchining normal reaksiya kuchi bilan tashkil qilgan burchak.

1. Ishqalanish burchagi 2. Ishqalanish konusi
3. Statik ishqalanish kuchi 4. Dinamik ishqalanish kuchi

38. Nuqtadagi normal reaksiya kuchiga nisbatan har bir yo‘nalishga tegishli to‘liq reaksiya kuchini ishqalanish burchagi φ_{max} ostida o‘tkazsak, uning geometrik o‘rni

1. Ishqalanish burchagi 2. Ishqalanish konusi
3. Statik ishqalanish kuchi 4. Dinamik ishqalanish kuchi

39. Jismning tinch holatida hosil bo‘ladigan ishqalanish kuchiga ... kuchi deyiladi.

1. Dinamik ishqalanish 2. Statik ishqalanish
3. Harakatlanishdagi ishqalanish 4. Ishqalanish burchagi

40. $f = \frac{F\max}{N}$ **formula yordamida nima topiladi?**

1. Ishqalanish burchagini 2. Ishqalanish konusini
3. Ishqalanish koeffitsiyentini 4. Ishqalanish kuchini

41. Biror sanoq sistemasiga nisbatan nuqtaning ma’lum vaqt ichida fazoda bir holatdan boshqa holatga ixtiyoriy ravishda o‘tishi ... deyiladi.

1. Troyektoriya 2. Ko‘chish 3. Harakat 4. To‘g‘ri chiziqli harakat

42. Nuqta harakatining kinematik xususiyatlarini nima bilan aniqlanadi?

1. Moddiy nuqta, absolyut qattiq jism, kuch, sanoq sistema
2. Trayektoriya, kuch, sanoq sistema, moddiy nuqta
3. Troyektriya, tezlik, vaqt, harakat
4. Troyektriya, tezlik, tezlanish

43. Kinematikada nuqtaning harakati qanday usullarda beriladi?

1. Vektor, skalyar, koordinata usulida 2. Koordinata, tabiiy, skalyar usulida
3. Vektor, tabiiy, urunma usulida 4. Vektor, koordinata, tabiiy usulida

44. Nuqta harakati vektor usulda berilganda harakat tenglamasi qanday ko‘rinishda bo‘ladi?

1. $\overline{r} = \overline{r}(t)$ 2. $x = f_1(t);\ y = f_2(t);\ z = f_3(t);$ 3. $s = f(t);$ 4. $\varphi = f(t);$

45. Nuqta harakati tabiiy usulda berilganda harakat tenglamasi qanday ko‘rinishda bo‘ladi?

1. $\bar{r} = \bar{r}(t)$ 2. $x = f(t);\ y = f(t);\ z = f(t);$ 3. $s = f(t);$ 4. $\varphi = f(t);$

46. Nuqta harakati koordinata usulida berilganda harakat tenglamasini ko‘rsating:

1. $\bar{r} = \bar{r}(t)$ 2. $x = f(t);\ y = f(t);\ z = f(t);$ 3. $s = f(t);$ 4. $\varphi = f(t);$

47. Nuqtaning berilgan paytdagi tezlik vektori qaysi formula bilan topiladi?

1. $\bar{\upsilon} = \frac{\bar{dr}}{dt} = \frac{dx}{dt}\cdot\bar{i} + \frac{dy}{dt}\cdot\bar{j} + \frac{dz}{dt}\cdot\bar{k}$ 2. $\bar{\upsilon} = \frac{\bar{dr}}{dt}$ 3. $\bar{\upsilon} = \frac{ds}{dt}\cdot\bar{\tau}$ 4. $\bar{\upsilon} = \frac{\Delta\bar{r}}{\Delta t}$

48. $\frac{d\bar{r}}{ds} = \bar{\tau}^{\circ}$ **formula nimani ifodalaydi?**

1. Nuqtaning harakat tenglamasi
2. Nuqta harakatining vektor ko‘rinishdagi kinematik tenglamasi
3. Nuqtaning berilgan ondagi tuzlik vektori
4. Vektori yoy koordinatasining yo‘nalishi bo‘yicha yo‘nalgan urinmaning birlik vektori

49. Harakati koordinata usulida berilgan nuqtaning tezlanish qaysi formula bilan topiladi?

1. $\bar{a} = \frac{d\upsilon_x}{dt}\cdot\bar{i} + \frac{d\upsilon_y}{dt}\cdot\bar{j} + \frac{d\upsilon_z}{dt}\cdot\bar{k}$ 2. $\bar{\upsilon} = \frac{dr}{dt} = \frac{dx}{dt}\cdot\bar{i} + \frac{dy}{dt}\cdot\bar{j} + \frac{dz}{dt}\cdot\bar{k}$

3. $\bar{a} = \frac{d\upsilon}{dt} = \frac{d^2r}{dt^2}$ 4. $\bar{a} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

50. $\bar{a} = a_\tau + \bar{a_n}$ **formula nimani bildiradi?**

1. Egri chiziqli harakatdagi nuqtaning tezlanishi urinma va normal tezlanishlarning geometrik yig‘indisi
2. Nuqtaning normal tezlanishi
3. Nuqtaning urinma tezlanishi
4. Nuqtaning berilgan ondagi tezlanish vektori

51. Normal tezlanish qaysi formula bilan topiladi?

1. $\bar{a}_n = \frac{v^2}{\rho}\cdot\bar{n}^{\circ};$ 2. $\bar{a}_\tau = \frac{dv}{dt}\cdot\bar{\tau}^{\circ};$ 3. $\frac{d\bar{r}}{ds} = \frac{1}{\rho}\cdot\bar{n}^{\circ};$ 4. $\bar{v} = \bar{v\tau}^{\circ};$

52. Urinma tezlanish qaysi formula bilan topiladi?

1. $\bar{a}_n = \frac{v^2}{\rho} \cdot \bar{n}^\circ$; 2. $\bar{a}_\tau = \frac{dv}{dt} \cdot \bar{\tau}^\circ$; 3. $\frac{d\bar{r}}{ds} = \frac{1}{\rho} \cdot \bar{n}^\circ$; 4. $\bar{v} = \overline{v\tau}^\circ$; .

53. Nuqtaning harakati davomida hamisha $\bar{a}_\tau = 0$; $\bar{a}_n = 0$ tengli bajarilsa:

1. To‘g‘ri chiziqli tekis harakat 2. To‘g‘ri chiziqli o‘zgaruvchan harakat
3. Egri chiziqli tekis harakat 4. Egri chiziqli o‘zgaruvchan harakat

54. Nuqta harakati davomida $\bar{a}_\tau \neq 0$; $\bar{a}_n = 0$ bo‘lsa:

1. To‘g‘ri chiziqli tekis harakat 2. To‘g‘ri chiziqli o‘zgaruvchan harakat
3. Egri chiziqli tekis harakat 4. Egri chiziqli o‘zgaruvchan harakat

55. Jimsda olingan har qanday kesma harakati davomida hamma vaqt o‘z-o‘ziga parallel qolsa, jismning bunday harakati ... deyiladi.

1. Aylanma harakat 2. To**‘**g‘ri chiziqli harakat
3. Ilgarilanma harakat 4. Egri chiziqli harakat

56. Ilgarilanma harakatdagi jismning hamma nuqtalari bir xil chiziq chizadi va har ondagi miqdor hamda yo‘nalishlari jihatidan bir xil ... va ... ega bo‘ladi

1. Vaqtga, tezlikka 2. Tezlikka, tezlanishga
3. Vaqtga, tezlanishga 4. Trayektoriyaga, tezlikka

57. Harakatlanuvchi qattiq jismning ikkita nuqtasi doimo qo‘zg‘almasdan qolsa, uning bunday harakati . . . deyiladi

1. Ilgarilanma harakat 2. Aylanma harakat
3. Egri chiziqli harakat 4. Sferik harakat

58. Qo‘zg‘almas nuqtalardan o‘tgan to‘g‘ri chiziq ... deyiladi.

1. Ta’sir chizig‘i 2. Aylanish o‘qi 3. Aylanish burchagi 4. Kuch yelkasi

59. Jismning qo‘zg‘almas o‘q atrofidagi aylanma harakatining tenglamasini ko‘rsating

1. $\bar{r} = \bar{r}(t)$ 2. $x = f_1(t);\ y = f_2(t);\ z = f_3(t);$ 3. $s = f(t);$
4. $\varphi = f(t);$

60. Aylanish burchagidan vaqt bo‘yicha olingan birinchi hosilasi

1. Tezlik 2. Burchak tezligi 3. Burchak tezlanishi 4. Aylanish burchagi

61. Tekis shaklning berilgan .... nolga teng bo‘lgan nuqtasi tezlanishlarning oniy markazi deyiladi.

1.Tezlik 2. Tezlanish 3. Vaqti 4. Trayektoriya

62. Tekis shaklning burchak tezligi qaysi formula bilan topiladi?

1. $\mathrm{E} = \frac{dw}{dt}$ 2. $w = \frac{d\varphi}{dt}$ 3. $\varphi = f(t)$ 4. $\bar{V}_B = V_A + \bar{w} \times \overline{AB}$

63. Tekis shaklning burchak tezligidan vaqt bo‘yicha olingan hosila.

1. Tekis shaklning burchak tezligi
2. Tekis shaklning burchak tezlanishi
3. Takis shaklning harakat tekisligi
4. Tekis shaklning harakat tenglamasi

64. Nuqta atrofidagi aylanma harakat tenglamasini ko‘rsating?

1. $\bar{r} = \bar{r}(t)$ 2. $s = f(t);$

3. $x_a = f_1(t);\ y_a = f_2(t);\ \varphi = f(t);$ 4. $\psi = f(t);\ \varphi = f(t);\ \theta = f(t);$

65. Moddiy nuqta, moddiy nuqtalar sistemasi va absolyut qattiq jismning harakati shu harakatni vujudga keltiruvchi kuchlar bilan birgalikda o‘rganiladigan bo‘lim ....

1. Statika 2. Kinematika 3. Dinamika 4. Mexanika

66. Tashqi ta’sirdan tanholangan moddiy nuqta kuch ta’sir etmaguncha o‘zining tinch holatini yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakatini saqlaydi.

1. Inersiya qonuni 2. Ta’sir va aks ta’sir qonuni
3. Kuchlar ta’sirining o‘zaro mustaqillik qonuni
4. Kuchlarni qo‘shish qonuni

67. Formulalar ichidan dinamikaning asosiy qonunini ko‘rsating.

1. $m\bar{a} = \sum \bar{F}_k$ 2. $m\bar{a} = \bar{F}$ 3. $F_B = F_A$ 4. $\bar{q} = m\bar{v}$

68. Erkin moddiy nuqta harakatining vektor formadagi differensial tenglamasi.

1. $m\bar{a} = \bar{F}$ 2. $\bar{F}_B = -\bar{F}_A$ 3. $\bar{q} = m \cdot \bar{v}$ 4. $m\frac{d^2\bar{r}}{dt^2} = \bar{F}$

69. Moddiy nuqtaning massasi va kinematik harakat tenglamalari berilgani harakatni vujudga keltiruvchi kuchlarning teng ta’sir etuvchisini aniqlash mumkin.

1. Dinamikaning asosiy qonuni 2. Ta’sir va aks ta’sir qonuni
3. Dinamikaning 2 chi qonuni 4. Dinamikaning 1 chi qonuni

70. Bog‘lanishdagi nuqta dinamikasining asosiy qonuni.

1. $m\bar{a} = \sum \bar{F}_k$ 2. $\bar{F}_A = -\bar{F}_B$ 3. $m\frac{d\bar{v}}{dt} = \bar{F}$ 4. $m\bar{a} = \bar{F} + \bar{R}$

71. Nuqtaning harakat miqdori qaysi formula yordamida topiladi?

1. $m\bar{a} = \sum \bar{F}_k$ 2. $\bar{F}_A = -\bar{F}_B$ 3. $m\bar{a} = \bar{F}$ 4. $\bar{q} = m \cdot \bar{v}$

72. $m\bar{v} - m\bar{v}_0 = \bar{S}$ formula nimani anglatadi?

1 Nuqta harakat miqdorining o‘zgarishi haqidagi teorema.
2. Mexanik sistemaning kinetik energiyasini o‘zgarishi haqida teorema
3. Mexanik sistema harakat miqdorining o‘zgarishi haqida teorema
4. Nuqta kinetik energiyasining o‘zgarishi haqida teorema

73. Nuqtaning kinetik energiyasining formulasi?

1. $\bar{q} = m \cdot \bar{v}$ 2. $\bar{F}dt = ds$ 3. $\frac{m\bar{v}^{-2}}{2}$ 4. $\bar{F} = m\bar{a}$

74. Moddiy nuqta kinetik energiyasining o‘zgarishi haqidagi teoremani ifodolovchi formula:

1. $\bar{F}dt = ds$ 2. $d\frac{m\bar{v}^2}{2} = dA$ 3 $m\bar{v} - m\bar{v}_0 = \bar{S}$ 4. $\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = A$

75. Kuchning ishini qaysi formula yordamida topish mumkin?

1. $d\frac{m\bar{v}^2}{2} = dA$ 2. $\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = A$ 3. $A = \pm F \cdot s$ 4. $A = U(x, y, z)$

76. $N = \frac{dA}{dt}$ **formula bilan qaysi kattalikni aniqlash mumkin?**

1. Kuch impulsi 2. Harakat miqdori 3. Kinetik energiya 4. Quvvat

77. Agar kuchning yo‘nalishi bilan nuqta tezligining yo‘nalishi bir xil bo‘lsa, ish .... bo‘ladi.

1. Musbat 2. Manfiy 3. Katta 4. Kichik

78. $\bar{S} = \bar{F} \cdot t$ **formula yordamida qaysi kattalikni topish mumkin?**

1. Harakat miqdori 2. Kuch impulsi 3. Kinetik energiya 4. Kuchning ishi

79. Bir-biri bilan ma’lum munosabatda bog‘langan hamda har bir nuqtasining harakati boshqa nuqtalarning holati va harakatiga bog‘liq bo‘lgan moddiy nuqtalar to‘plami .... deyiladi.

1. Mexanik sistema 2. O‘zgarmas mexanik sistema
3. Bog‘lanishdagi sistema 4. Tashqi kuchlar

80. Mexanik sistemani tashkil etuvchi nuqtalarning o‘zaro ta’sir kuchlari .... deyiladi.

1. Mexanik sistema 2. O‘zgarmas mexanik sistema
3. Bog‘lanishdagi sistema 4. Ichki kuchlar

81. Mexanik sistema nuqtalariga bu sistemaga kirmaydigan nuqtalar yoki jismlarning ta’sir kuchlari .... deyiladi.

1. Mexanik sistema 2. O‘zgarmas mexanik sistema
3. Bog‘lanishdagi sistema 4. Tashqi kuchlar

82. Sistema barcha ichki kuchlarining geometrik yig‘indisi (ichki kuchlarning bosh vektori) nolga teng. qaysi tenglikka taalluqli?

1. $\bar{R} = \sum_{k=1}^{n} \bar{F}_k = 0$ 2. $\bar{R} = \bar{F}_1 + \bar{F}_2 + ... + \bar{F}_n$ 3. $\bar{R}^i = \sum_{k=1}^{n} \bar{F}^i{}_k = 0$ 4. $\bar{R}_x = \sum_{k=1}^{n} \bar{F}_k$

83. Mexanik sistema harakatining differensial tenglamasini ko‘rsating?

1. $m\bar{a} = \bar{F}$ 2. $m\bar{a} = \bar{F} + \bar{R}$ 3. $m\bar{a} = \bar{F}_k^i + \bar{F}_k^e$ 4. $m_k \cdot \bar{a}_k = \bar{F}_k + \bar{N}_k$

84. $M = \sum m_k$ **formula nimani anglatadi?**

1. Sistemaning massasi 2. Inersiya mmenti
3. Sistema massalar markazi 4. Massalar geometriyasi

85. Sistema nuqtalari massalarining o‘qqa, nuqtalariga yoki tekislikkacha bo‘lgan masofalar kvadratiga ko‘paytmalarining yig‘indisiga teng bo‘lgan kattalik.

1. Kuch impulsi 2. Sistema massasi 3. Inersiya momenti
4. Massalar geometriyasi

86. $J_z = J_{cz} + Md^2$ **bu formula kimning teoremasi?**

1. Eyler-Dalamber 2. Gyuygens-Shteyner teoremasi
3. Siolkovskiy formulasi 4. Kyo teoremasi

87. Sistemaning harakat miqdori butun sistema massasi bilan sistema massalar markazi tezligining ko‘paytmasiga teng.

1. $\bar{q} = m\bar{v}$ 2. $\bar{F}dt = ds$ 3. $m\bar{v} - m\bar{v}_0 = S$
4. $\bar{Q} = M \cdot \bar{v}_c$

88. $T = \sum \frac{m_k v_k^2}{2}$ **formula qaysi kattalikka tegishli.**

1. Nuqta kinetik energiyasi 2. Sistema kinetik energiyasi
3. Sistema mexanik energiyasining saqlanish qonuni
4. Harakat miqdori

89. Sistemaning bir holatdan boshqa holatga ko‘chishida kinetik energiyasining o‘zgarishi sistema nuqtalariga ta’sir etuvchi tashqi va ichki kuchlarning mos ko‘chishlaridagi ishlarining yig‘indisiga teng.

1. $T - T_0 = A^e + A^i$ 2. $A = \pm\bar{F} \cdot S$ 3. $\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = A$ 4. $A = \bar{F} \cdot S\cos a$

90. $\bar{F} + \bar{N} + \bar{\Phi} = 0$ **formuladagi “*F*” nimani bildiradi?**

1. Bog‘lanish reaksiya kuchi 2. Aktiv kuch 3. Inersiya kuchi
4. Massa

Asosiy atamalarning qisqacha manosi (Glossariy)

1. **Mexanik harakat** – vaqt o‘tishi bilan moddiy jismlarning bir-birlariga nisbatan fazoda ko‘chishi.

2. **Statika bo‘limi** – moddiy jismlarning muvozanati, ularga qo‘yilgan kuchlarni qo‘shish, ayirish va kuchlarni tasir jihatdan teng bo‘lgan ekvivalent kuchlar sistemasi bilan almashtirish masalalarini tekshiriladi.

3. **Muvozanat** – jismning malum jismga qo‘zg‘almas ravishda mahkamlangan koordinatalar sistemasiga nisbatan tinch vaziyati.

4. **Moddiy nuqta –** harakat va muvozanatning tekshirishida o‘lchamlari va shaklning ahamiyati bo‘lmagan, massasi bir nuqtada joylashgan deb, bir tasavvur qilinadigan jism.

5. **Absolyut qattiq jism** – kuch tasiridagi jismning ixtiyoriy ikkita nuqtasi orasidagi masofa doimo o‘zgarmasdan qoladi.

6. **Kuch** – jismlarning bir-biriga ko‘rsatgan o‘zaro tasirlarning miqdor o‘lchovi.

7. **Kuch qo‘yilgan nuqta** – jismning bevosita kuch tasir etadigan nuqtasi.

8. **Kuchning yo‘nalishi** – teng holatda turgan erkin moddiy jismning berilgan kuch tasirida olgan harakat yo‘nalishi.

9. **Kuchning tasir chizig‘i** – kuch vektorida yotgan chiziq.

10. **Kuchlar sistemasi** – jismga qo‘yilgan kuchlar to‘plami.

11. **Ekvivalent kuchlar sistemasi** – jismga qo‘yilgan kuchlar sistemasi ko‘rsatadigan tasirini boshqa kuchlar sistemasi bera olishga.

12. **Kuchlar sistemasining teng tasir etuvchisi** – kuchlar sistemasining jismga tasirini yolg‘iz bir kuch bera olishga.

13. **Muvozanatlashgan kuchlar sistemasi** – teng turgan jism unga qo‘yilgan kuchlar sistemasi tasirida ham tinch holatga qolishiga.

14. **Sanoq sistemasi** – mexanikada berilgan jismning harakati yoki xolati biror jism bilan bog‘langan koordinatalar sistemasiga nisbatan tekshiriladigan sistemasiga.

15. **Erkin jism** – jismning fazoda ixtiyoriy tomonga harakatlana olishi.

16.**Bog‘lanishdagi jism** – jismning harakati yoki holati biror sabab bilan cheklangan bo‘lishi.

17. **Bog‘lanish -** jismning harakati yoki xolatini cheklovchi sabab.

18. **Bog‘lanish reaksiya kuchi** – bog‘lanishning jismga ko‘rsatadigan tasirini belgilovchi kuch.

19. **Normal reaksiya kuchi** – sirtning reaksiya kuchi jismning nuqtasiga qo‘yilgan bo‘lib, shu nuqtada sirtga o‘tkazilgan normal bo‘lib yo‘nalgan bo‘ladi.

20. **Ishqalanish kuchi** – jism va sirt silliq bo‘lmasa, nuqtada normal reaksiya kuchidan tashqari hosil bo‘ladigan kuchi.

21**. Taranglik kuchi** – iplarda hosil bo‘ladigan reaksiya kuchi.

22. **Bir nuqtada kesuvchi kuchlar sistemasi** – tasir chiziqlari bir nuqtada kesishadigan kuchlar sistemasi.

23. **Moment markazi** – berilgan nuqtaga nisbatan olinadigan moment.

24. **Kuch yelkasi** – moment markazidan kuchning tasir chizig‘iga tushirilgan perpendikulyar kesma.

25. **Kuchning nuqtaga nisbatan momenti** – mos ishora bilan olingan kuch miqdorining kuch yeleasiga ko‘paytmasi.

26. **Kuchning biror o‘qqa nisbatan momenti** – o‘qqa perpendikulyar tekislikdagi proyeksiyaning o‘q bilan tekislik kesishgan nuqtasiga nisbatan olingan moment.

27. **Juft kuch** – miqdorlar teng tasir chiziqlari bir to‘g‘ri chiziqda yotmaydigan, parallel va qarama-qarshi yo‘nalgan ikki kuch.

28. **Juft kuchning yelkasi** – juft kuchni tashkil etuvchi kuchlarning tasir chiziqlari orasidagi eng qisqa masofa.

29. **Juft kuch tekisligi** – juft kuch yetgan tekislik.

30. **Juft kuch teng tasir etuvchiga ega bo‘lmaydi** – juft kuchni bitta kuch bilan almashtirish mumkin emas.

31. **Juft kuchning momenti** – ishora bilan olingan juft tashkil etuvchi – kuchlardan birining **miqdorini juft kuch yelkasining uzunligiga ko‘paytmasiga teng kattalik.**

32. **Ekvivalent juft kuchlar** – bir kuchning jismga ko‘rsatadigan tasirini boshqa juft kuch bera olishga.

33. **Fazodagi kuchlar sistemasi** – tasir chiziqlari fazoda ixtiyoriy ravishda joylashgan kuchlardan tashkil topgan sistemasiga.

34. **Ishqalanish kuchi** – bog‘lanishdagi jismlarning biri ikkinchisiga nisbatan siljiganda ularning bir-biriga tegib turgan sirtlarida hosil bo‘ladiganqarshilik kuchi.

35. **Sirpanishdagi ishqalanish** – bir jismning ikkinchi jism ustida sirpanishi natijasida hosil **bo‘ladigan ishqalanish.**

36. Dumalanishdagi ishqalanish – bir jismning ikkinchi jism ustida sirpanmasdan dumalashi natijasida hosil bo‘ladigan ishqalanish.

37. **Statik ishqalanish kuchi** – kuchning qiymati orta borib, malum miqdorga yetganda jism siljishi oldida turadi, bu holda ishqalanish kuchi eng katta qiymatga erishadigan kuch.

38. **Dinamik ishqalanish kuchi** – jism harakatlanayotganda hosil bo‘ladigan ishqalanish kuchi.

39. **Ishqalanish burchagi** – ishqalanish kuchi eng katta qiymatiga erishganda to‘la reaksiya kuchining normal reaksiya kuchi bilan tashkil qilgan burchak.

40. **Ishqalanish konusi** – nuqtadagi normal reaksiya kuchiga nisbatan har bir yo‘nalishga tegishli to‘liq reaksiya kuchini ishqalanish burchagi ostida o‘tkazsak, uning geometrik o‘rni konus sirtidan iborat bo‘lishi.

41. **Og‘irlik kuchi** – jismning hamma ayrim zarrachalari og‘irlik kuchlarining teng tasir etuvchisi.

42. **Og‘irlik markazi** – parallel kuchlarning markazi.

43. **Hajm og‘irlik markazi** – bir jismli jismning og‘irlik markazi.

44. **Yassi shakl yuzining og‘irlik markazi** – qalinligi birday bo‘lgan yassi shakl ko‘rinishdagi yupqa bir jismli plastinkaning og‘irlik markazi.

45. **O‘qqa nisbatan statik moment** – shakl elementar yuzining shakl og‘irlik markazining shu tekislikda yetgan biror o‘qqacha bo‘lgan eng qisqa oralig‘iga ko‘paytmasi.

46. **Ferma** – bir-biriga uchlari bilan sharnirlar yordamida tutashtirilgan sterjinlardan iborat o‘zgarmas panjasimon konstruksiyalar.

47. **Tekis ferma** – fermadagi hamma sterjinlarning o‘qlari va unga qo‘yilgan kuchlar bir tekislikda yotadi.

48. **Tugun** – ferma sterjinlarning bir-biriga tutashtirilgan joy.

49. **Turg‘un muvozanat** – jism dastlabki muvozanat vaziyatidan og‘ganidan so‘ng yana o‘sha vaziyatiga qaytishi.

50. **Turg‘unmas muvozanat** – jism dastlabki muvozanat vaziyatidan ozgina og‘ganidan so‘ng o‘sha vaziyatiga qaytmasligi.

51. **Farqsiz muvozanat** – jism dastlabki vaziyatidan ozgina og‘ishganda saqlanadigan muvozanat.

52. **Kinematika bo‘limi** – jismlarning harakati mazkur jismlarning massasi va ularga tasir etuvchi kuchlarga bog‘lamay, faqat geometrik nuqtai nazardan tekshiriladi.

53. **Asosiy sanoq sistema** – Yerga nisbatan qo‘zg‘almas bo‘lgan sanoq sistema.

54. **Tinch holat** – tanlab olingan sanoq sistemasiga nisbatan jism vaziyati vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmasa, jismning olingan sistemaga nisbatan vaziyati.

55. **Harakatda** – vaqt o‘tishi bilan , mazkur sanoq sistemasiga nisbatan jismning vaziyati o‘zgarmasa, jism shu sistemaga nisbatan holati.

56. **Ko‘chish** – biror sanoq sistemasiga nisbatan nuqtaning malum vaqt ichida, fazoda bir holatdan boshqa holatga ixtiyoriy ravishda o‘tishi.

57. **Harakat** – nuqtaning boshlang‘ich holatdan oxirgi holatga vaqtga bog‘liq holda aniq bir usulda o‘tishi.

58. **Nuqtaning harakat qonuni** – fazoda harakatlanayotgan nuqtaning biror sanoq sistemasiga nisbatan holati bilan vaqt orasidagi bog‘lanishni ifodalovchi tenglama.

59. **Troyektoriya** – vaqt o‘tishi bilan nuqtaning fazoda qoldiradigan izi.

60. **Tezlik** – nuqta harakatining har bir malum momentdagi jadalligi va yo‘nalishini bildiruvchi vektor.

61. **Tezlanish** – tezlik vektorining modul va yo‘nalish jihatdan o‘zgarish suratini harakterlovchi kattalik.

62. **Nuqta tezligining gedografi** – tezlik vektorlarining uchlari chizgan biror uzluksiz egri chiziq.

63. **Tekis harakat** – nuqta miqdor jihatdan o‘zgarmas tezlik bilan harakatlanishi.

64. **Tezlanuvchan harakat** – vaqt o‘ztishi bilan to‘g‘ri chiziqli harakatdagi nuqta tezlanishining miqdori orta borsa, yani nuqtaning tezligi bilan tezlanishi bir yo‘nalishda bo‘lishi.

65. **Sekinlanuvchan harakat** – vaqt o‘tishi bilan nuqta tezlanishining miqdori kamaya borsa, yani tezlanishning yo‘nalishi tezlikka qarama-qarshi yo‘nalishiga.

66. **Ilgarilanma harakat** – jismda olingan har qanday kesma jism harakati davomida hamma vaqt o‘z-o‘ziga parallel qolishi.

67. **Qo‘zg‘almas o‘q atrofidagi aylanma harakat** – harakatlanuvchi qattiq jimning ikki nuqtasi doimo qo‘zg‘almasdan qolishi.

68. **Aylanish o‘qi** – qo‘zg‘almas nuqtalardan o‘tgan to‘g‘ri chiziq.

69. **Aylanish burchagi** – jism o‘q atrofida harakatlanganda P teksilik P_o tekislikka nisbatan φ burchakka burilishi.

70. **Jismning burchak tezligi** – aylanish burchagidan vaqt bo‘yicha olingan birinchi xosila.

71. **Jismning tekis aylanma harakati** – harakat davomida $w = w_o$ o‘zgarmasligi.

72. **Jismning burchak tezlanishi** – vaqt birligi ichida jismning burchak tezligi o‘zgarishi bilan harakterlanadigan.

73. **Tekis aylanish** – jismning o‘zgarmas burchak tezlik bilan aylanma harakati.

74. **Tekis o‘zgaruvchan aylanma harakat** – jismning ixtiyoriy olingan vaqt oraliqlarida burchak tezligining ayni bir kattalikka o‘zgaradigan harakati.

75. **Absolyut harakat** – nuqtaning qo‘zg‘almas deb qabul qilingan sanoq sistemasiga nisbatan harakati.

76. **Nisbiy harakat** – nuqtaning qo‘zg‘aluvchan sanoq sistemaga nisbatan harakati.

77. **Ko‘chirma harakat** – nuqtaning ayni momentda qo‘zg‘aluvchan sanoq sistemasi bilan mustahkam bog‘liq holda qo‘zg‘almas sanoq sistemasiga nisbatan harakati.

78. **Tekis parallel harakat** – jismning har bir nuqtasi doimo biror qo‘zg‘almas P_o tekislikka parallel tekislikda harakati.

79. **Tekis shaklning harakat tekisligi** – tekis shakl harakatlanadigan P tekislik.

80. **Tezlikning oniy markazi** – berilgan onda tezligi nolga teng bo‘lgan tekis shakl nuqtasi.

81. **Qutb** – berilgan onda tekis shaklning oniy markazi.

82. **Tezlanishlarning oniy markazi** – tekis shaklning berilgan ondagi tezlanishi nolga teng bo‘lgan nuqtasi.

83. **Qo‘zg‘almas nuqta atrofidagi aylanma harakat** – jism harakatlanganda uning biror nuqtasi doimo qo‘zg‘almasdan qolishi.

84. **Tugunlar chiziqlari** – qo‘zg‘almas tekislik bilan qo‘zg‘aluvchi tekislikning kesishgan chizig‘i.

85. **Pretsessiya burchagi** – qo‘zg‘almas ou tekislikda yotuvchi o‘q bilan tugun chizig‘i orasidagi burchak.

86. **Sof aylanish burchagi** – qo‘zg‘aluvchi oxy tekislikda yotuvchi o‘q bilan tugun chizig‘i orasidagi burchak.

87. **Nutatsiya burchagi -** oz va oz orasidagi burchak.

88. **Eyler burchaklari** – qo‘zg‘aluvchi oxyz sistemasining qo‘zg‘almas oxyz sistemaga nisbatan vaziyatini aniqlaydigan, bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan erkin o‘zgaruvchi $\gamma\varphi\theta$ burchaklar.

89. **Aylanish oniy o‘qi** – har bir elementar ko‘chishni qo‘zg‘almas nuqtadan o‘tuvchi biror o‘q atrofida cheksiz kichik burchakka burish natijasida olish mumkin.

90. **Qo‘zg‘almas aksond** – oniy o‘qning harakatsiz fazoda chizgan konussimon sirt.

91. **Qo‘zg‘aluvchi aksond** – jismda chizgan konussimon sirt.

92. **Oniy burchak tezlik** – qo‘zg‘almas nuqtaga ega bo‘lgan qattiq jismning aylanishi oniy o‘qi atrofida elementar burchakka aylanishidagi W burchak tezligi.

93. **Oniy burchak tezlanishi** – oniy burchak tezlik vektoridan vaqt bo‘yicha olingan birinchi hosila.

94. **Absolyut tezlik va absolyut tezlanish** – nuqtaning qo‘zg‘almas sanoq sistemasiga nisbatan tezlik va tezlanish.

95. **Nisbiy tezlik va tezlanish** – berilgan nuqtaning qo‘zg‘aluvchi sanoq sistemasiga nisbatan tezligi va tezlanishi.

96. **Ko‘chirma tezlik va ko‘chirma tezlanish** – qo‘zg‘aluvchan sanoq sistemasi bilan mahkam bog‘liq bo‘lib, ayni momentda harakatlanuvchi nuqta bilan ustma-ust tushuvchi nuqtaning qo‘zg‘almas sanoq sistemasiga nisbatan tezlik va tezlanish.

97. **Juft aylanish** – qattiq jism ikki parallel o‘q atrofida qarama-qarshi tomonga aylanib, beuchak tezliklari son jihatdan bir-biriiga teng bo‘lishi.

98. **Juft aylanish yelkasi** – aylanish o‘qlari orasidagi eng qisqa masofa.

99. **Dinamika** – jismlarning mexanik harakatini ularning massasiga va harakatni vujudga keltiruvchi kuchlar boo‘liq ravishda tekshiradigan nazariy mexanikaning bo‘limi.

100. **Jismning inertligi** – jismning qo‘yilgan kuchlar tasirida o‘z tezligini tez yoki sekin o‘zgartirish xususiyati.

101. **Jismning massasi** – jismning inertligini miqdor jihatdan ifodalovchi fizik kattalik.

102. **Moddiy nuqta** – harakatini o‘rganishda o‘lchamlari ahamiyatga ega bo‘lmagan, lekin massaga ega bo‘lgan jism.

103. **Sistema** – o‘zaro biror shartlar bilan bog‘langan moddiy nuqtalar sistemasi.

104. **Erkin tushish tezlanishi** – og‘irlik kuchining jismga beradigan bu $g = 9{,}81$ m/s^2 tezlanishi.

105. **Inersional sistema** – klassik mexanika qonunlari o‘rinli bo‘lgan sanoq sistema.

106. **Inersiya kuchi** – tezlanish bilan harakatlanuvchi moddiy nuqtaning reaksiyasi.

107. **Mexanik sistema** – bir-biri bilan malum munosabatda bog‘langan hamda har bir nuqtasining harakati boshqa nuqtalarning holati va harakatiga bog‘liq bo‘lgan moddiy nuqtalar to‘plami.

108. **O‘zgarmas mexanik sistema** – agar mexanik sistemani tashkil etuvchi nuqtalar orasidagi orasidani masofalar doimo o‘zgarmasdan qolishi.

109. **Boqlanishdagi sistema** – mexanik sistemasi nuqtalariga bog‘lanishlar qo‘yilgan.

110. **Ichki kuchlar** – mexanik sistimani tashkil etuvchi nuqtalarning o‘zaro tasir kuqlari.

111. **Tashqi kuchlar** – mexanik sistema nuqtalariga bu sistema bu sistemaga kirmaydigan nuqta yoki xismlarning tasir kuchlari.

112. **Masalalar geometriyasi** – mexanik sistema dinamikasida sistema nuqtalari massalarining taqsimlanishini ifodalovchi kattalik.

113. **Sistema massasi** – sistema nuqtalari massalarining yig‘indisi.

114. **Sistemaning massalar markazi** – sistema dinamikasida radius vektori $\overline{r_c} = \frac{\sum m_k r_k}{M}$ formula yordamida aniqlanadigan geometrik nuqta.

115. **Sistema o‘qqa, nuqtaga yoki tekislikka nisbatan inersial momenti** – sistema massalarining o‘q, nuqta yoki tekislikka nisbatan taqsimlanishini ifodalaydi.

116. **Nuqtaning harakat miqdori** – nuqta massasi bilan tezlik vektori ko‘paytmasiga teng vektor kattalik.

117. **Sistemaning harakat miqdori** – sistema nuqtalari harakat miqdorining geometrik yig‘indisiga teng bo‘lgan $\overline{K}$ vektor.

118. **Elementar ish** – kuchning shu kuch qo‘yilgan nuqtaning cheksiz kichik siljishgandagi ishi.

119. **Quvvat** – kuchning vaqt birligi ichida bajargan ishi.

120. **Kuch impulsi** moduli va yo‘nalishi o‘zgarmas kuchning biror vaqt oralig‘iga ko‘paytmasiga teng.

121. **Potensialli kuchlar** – nuqtaga qo‘yilgan og‘irlik kuchining, elastiklik kuchining yoki markaziy kuchlarning nuqtaning biror ko‘chishdagi ishlari shu nuqtaning harakat qonuniga bog‘liq bo‘lmaydigan kuch.

122. **Kuch maydoni** – fazoning biror sohasiga kiritilgan moddiy nuqtaga nuqta koordinatalarining funksiyasi bo‘lgan kuch tasir etadigan soha.

123. **Kuch maydonining M nuqtasidagi potensial energiyasi** – maydon kuchining ishi M holatda boshlang‘ich M_o holatgako‘chishdagi ishi bilan o‘lchanadigan kattalik.

124. **Nuqtaning kinetik energiyasi** – nuqta massasining uning tezligi kvadratiga ko‘paytmasining yarmiga teng bo‘lgan $\frac{mv^2}{2}$ skalyar kattalik.

125. **Sistemaning kinetik energiyasi** – mexanik sistemaning kinetik energiyasi uning barcha nuqtalari kinetik energiyalarning yig‘indisiga teng kattalik.

126. **Konservativ sistemalar –** mexanik sistemaning saqlanish qonuni o‘rinli bo‘ladigan mexanik sistemalar.

127. **Fizik tebratgich** – o‘zining og‘irlik kuchi tasirida qo‘zg‘almas gorizontal o‘q atrofida aylana oladigan ixtiyoriy shakldagi jism.

128. **Giroskop** – o‘zining moddiy simmetriya o‘qi atrofida katta burchak tezlik bilan aylanadigan va bunda ushbu o‘qining bitta nuqtasi doimo qo‘zg‘almasdan qoladigan jism.

129. **Inersiya kuchi** – miqdor jihatdan nuqtaning massasi bilan uning tezlanishi ko‘paytmasiga teng, yo‘nalishi esa tezlanish vektoriga teskari bo‘lgan vektor.

130. **Erkin bo‘lmagan nuqta uchun Dalamber prinsipi** – aktiv kuch va bog‘lanish reaksiya kuchi tasiridagi nuqtaga har onda inersiya kuchini qo‘ysak, bu kuchlar o‘zaro muvozanatlanadi.

131. **Mexanik sistema uchun Dalamber prinsipi** – aktiv kuch va bog‘lanish reaksiya kuchlari tasiridagi sistemaning har bir nuqtasiga har onda inersiya kuchini qo‘ysak, bu kuchlar sistemasi muvozanatlasha

2 - qism

Mexanizmlar va mashinalar nazariyasi

I bob. Mashina va mexanizmlar nazariyasi.

1. Mexanizmlarning turlari va ularni tuzilishlari.

Mashina - ishlab chiqarish yoki energiyani o‘zgartirish protsessi bilan bog‘liq bo‘lgan va insonning aqliy, jismoniy va fiziolik faoliyatini yengillashtirish uchun yaratiladigan mexanizmlar majmuasidir

Yaratilayotgan mashinalarga asosan quyidagi talablar qo‘yiladi:

Texnika talablari - bunda asosan mashina ish unumining yuqori bo‘lishi, aniq harakat qilishi va sifatli mahsulot ishlab chiqarishi talab etiladi.

Konstruksiyaning ratsional bo‘lishi — bunda mashinaning ortiqcha og‘irlikdagi qismlari bo‘lmasligi, materiallarni to‘g‘ri tanlash va detallardagi haqiqiy kuchlanish optimal bo‘lishi talab qilinadi.

Mashina yoki mexanizmlarni yaratishda kuyidagi parametrlar asosiy omillardan biri hisoblanadilar.

Konstruktiv parametrlar— maksimal kuch va quvvat, siljish, tezlik, tezlanish, zvenolardagi kuchlanish, gabarit o‘lchamlar va og‘irliklar.

Texnologik parametrlar — foydali qarshilik kuchlari yoki quvvat, mahsulotning o‘lchov chegarasini ta’minlovchi mashina harakati va ish organining aylanish soni, kesuvchi asboblarning salt yurish tezligi, berilgan siklni bajarish aniqligi, uzelning qattiqligi va h. k.

Energetik parametrlar — energiya sarfi, uning mexanizmda yo‘qolishi, mashina uzellarining foydaliish koeffitsiyentlari.

Iqtisodiy parametrlar — mashina uzellarini ishlab chiqarishda tayyorlash narxi, ularni boshqarish va remont narxi, harakatga keltirish uchun sarflangan energiya bahosi va hokazo.

Mexanizmlar va mashinalar nazariyasida, asosan quyidagi ikkita muammo hal qilinadi:

Mexanizmlar analizi - bunda mavjud mexanizmlar kinematik va dinamik jihatdan tekshiriladi.

Mexanizmlar sintezi - bunda bizga kerak bo‘lgan, ya’ni ma’lum texnologik protsessni bajarishda ishlatiladigan mexanizm zvenolarining harakat qonuni berilgan bo‘ladi va shu harakat qonunini amalga oshiruvchi mexanizm yaratish talab etiladi.

Har qanday mashina energiya hosil qilmaydi, balki energiya ishlatadi yoki bir turdagi energiyani boshqa turdagi energiyaga aylantiradi.

2. Mexanizmlarning asosiy turlari.

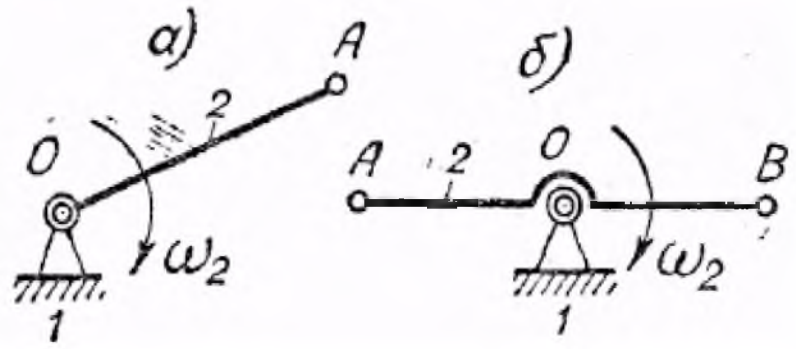
Mashinasozlikda eng ko‘p tarqalgan mexanizmlar bilan tanishib chiqamiz.

Richagli mexanizmlar

Richagli mexanizmlar hozirgi zamon mashina va mexanizmlarida juda ko‘p ishlatiladi. Bunday mexanizmlar sterjenli mexanizmlar deb ham ataladi.

Hozirgi zamon mashina, mexanizm yoki asboblarida ishlatiladigan richagli mexanizmlar orasida eng oddiysi ikki zvenoli mexanizmdir (1. 1-shakl, a).

Bu mexanizm, asosan, qo‘zg‘almas o‘q (0) atrofida aylanuvchi zeno (2) dan iboratdir. Ikki yelkali richag ham shunday mexanizm 1-shakl, a va b da



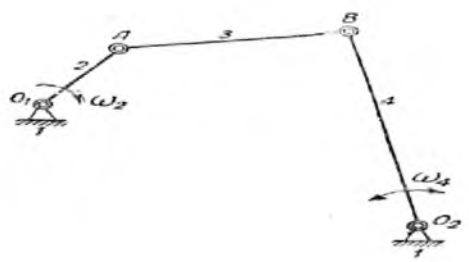
Ikki zvenoli mexanizmlar. 1- qo‘zg‘almas zveno; 2- qo‘zg‘aluvchan zveno.

Tasvirlangan mexanizmlariing ikkalasi ham ikkita zvenodan iboratdir.

Mexanizmning qo‘zg‘aluvchi *OA* zvenosi bir yelkali richagdan iborat bo‘lsa, mexanizmning qo‘zg‘aluvchan *AB* zvenosi ikki yelkali richagdan iboratdir. Bu mexanizmlarning ikkalasi ham biror ϖ burchak tezligi bilan aylanadi. Shakldagi strelka *OA* va *AB* zvenolarning soat strelkasi aylangan tomonga aylanishini bildiradi. Bunday mexanizmlar hozirgi zamon aylanma harakat qiluvchi mashinalarda (elektr motorlari, turbinalar, har xil ventilyatorlar, shamol dvigatellari va boshqalar) ko‘p qo‘llaniladi.

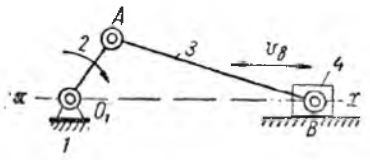
Bundan murakkabroq richagli mexanizmlar hozirgi zamon texnologik mashinalarida juda ko‘p tarkalgan to‘rt zvenoli mexanizmdir. Bu mexanizm, asosan, bir-biriga sharnirlar vositasida bog‘langan to‘rtta zvenodan iboratdir.

Mexanizmning sharnirlari O_1, *A*, *B*, O_2 harflari bilan, zvenolari esa 1,2, 3, 4 raqamlari bilan belgilangan. 1 - zveno qo‘zg‘almas zveno deb, 2 - zveno krivoship (360° ga to‘la aylanuvchi zveno), 3 - zveno shatun (murakkab harakat qiluvchi zveno) va 4 - zveno koromislo deb ataladi.



To‘rt zvenoli sharnirli mexanizm. 1- qo‘zg‘almas zveno; 2 – krivoship; 3-shatun; 4 – koromislo. Bu mexanizm tarkibida bitta krivoship, bitta koromislo bo‘lgani uchun, to‘rt zvenoli bunday mexanizm sharnirli krivoship *koromisloli mexanizm deb* ataladi. Bunday mexanizmlar ip gazlama, shoyi, yung va kaiop to‘qimalar to‘qiydigan avtomat stanoklarining *batan mexanizm* deyiladi.

Agar, sharnirli to‘rt zvenoli mexanizmdagi koromislo o‘rniga polzun o‘rnatib, uni qo‘zg‘almas yo‘naltiruvchi bo‘ylab harakatga keltirsak, u holda, bu mexanizm krivoship-polzunli mexanizmga aylanadi.



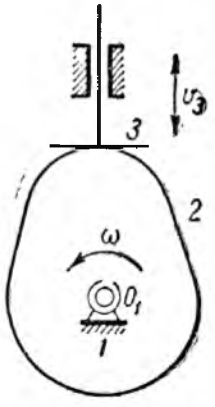
Krivoship polzunli mexanizm. 1- qo‘zg‘almas zveno; 2 – krivoship; 3 – shatun; 4 – polzun.

Krivoship-shatunli mexanizm hozirgi zamon texnikasida porshenli har xil dvigatellarda, kompressorlarda, presslarda, nasoslarda va boshqalarda juda ko‘p ishlatiladi.

Kulachokli mexanizmlar

Kulachokli mexanizmlar texnikaning xilma-xil sohalarida juda ko‘p ishlatiladi. Bunday mexanizmlar, ayniqsa, avtomatik mashinalar ishida juda yaxshi natijalar beradi.

Kulachokli eng oddiy mexanizm ko‘rsatilgan. Bu mexanizm, asosan, to‘rtta zvenodan: qo‘zg‘almas zveno, ko‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi zveno (kulachok), to‘g‘ri chiziq bo‘ylab yuqoriga va pastga harakat qilib turuvchi zvenodan (tolkateldan) iborat.



4 –shakl. Tekis tolkatelli kulachokli mexanizm. 1 – qo‘zg‘almas zveno; 2-kulachok; 3 – tekis tolkatel.

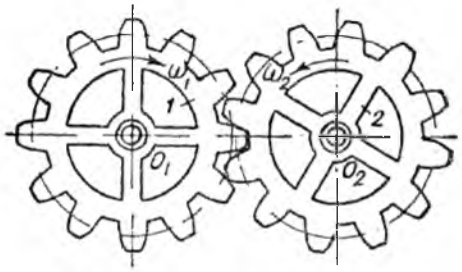
Kulachokli bunday mexanizmlarda kulachok ϖ burchak tezligi bilan aylansa, tolkatel ma’lum oraliqqa (balandlikka) ko‘tarilib, yana oldingi vaziyatiga qaytib keladi.

Tishli g‘nldirakli mexanizmlar

Hozirgi zamon texnikasida ishlatiladigan mexanizm va mashinalarda bir valdan ikkinchi valga (bir zvenodan ikkinchi zvenoga) aylanma harakat uzatish kerak bo‘ladi. Harakat uzatiladigan zvenoning burchak tezligi oldindan beriladi, bu burchak tezlikni hosil qilish uchun tishli g‘ildiraklardan tarkib topgan mexanizmlar ishlatiladi. Harakat uzatishning bu turi tishli gildirakli uzatma deb ataladi.

Agar shaklda ko‘rsatilgan tishli g‘ildiraklardan biri soat strelkasi yurayotgan tomonga qarab ϖ_1 burchak tezligi bilan aylansa, ikkinchisi unga teskari tomonga ϖ_2 burchak tezligi bilan aylanadi.

Shakldagi zvenoni qo‘lda strelka bilan ko‘rsatilgan tomonga qarab aylantirsak, uning uchiga o‘rnatilgan tishli g‘ildirakcha teskari tomonga harakatlanadi.



Tishli g‘ildirakli uzatma. 1,2 - tishli g‘ildiraklir.

Tishli g‘ildiraklar vositasida harakat bir valdan ikkinchi valga uzatiladi, ya’ni bir g‘ildirakning tishlari ikkinchi g‘ildirakning tishlari bilan doimo bog‘lanishda bo‘ladi.

Nazorat savollar:

1. Mexanizm va mashinalar nazariyasi fani fanining maqsad va vazifari nimadan iborat?
2. Mashina yoki mexanizmlarni yaratishda qaysi parametrlar asosiy omillardan hisoblanadi?
3. Mexanizmlar va mashinalar nazariyasida qanday ikkita muammo hal qilinadi?
4. Mexanizmlarning asosiy turlarini sanab bering.
5. Richagli mexanizmlarni ta’riflang
6. Kulachokli mexanizmlarning richagli mexanizmlardan farqi nimada?
7. Kulachokli mexanizmlarning necha turi mavjud?
8. Tishli g‘ildirakli mexanizmlarningtuzilishi va ishlash haqida ma’lumot bering.

II - bob. Mexanizmlarning tuzilishi

1. Bog‘lanishlar to‘g‘risida umumiy tushuncha

Qo‘yilgan kuchlar ta’sirida ixtiyoriy harakat qiladigan moddiy nuqta *erkin nuqta* deb ataladi. Agar shu ta’sir etuvchi kuchlar ma’lum bo‘lsa, u holda moddiy nuqta trayektoriyasi harakatning boshlang‘ich shartlariga bog‘liq bo‘ladi. Moddiy nuqtaning fazodagi harakati, biror geometrik va kinematik xarakterdagi shartlar bilan cheklab

qo‘yilsa, bunday moddiy nuqta *cheklangan nuqta* deb ataladi. Nuqtaning erkin harakatini cheklab turuvchi shartlar (sharoitlar) *bog‘lanishlar* deb ataladi,

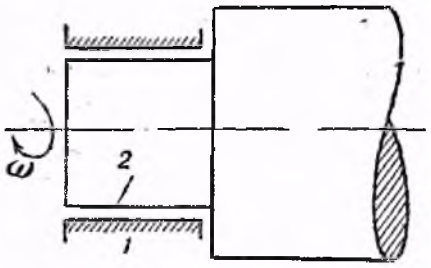
Qo‘yilgan bog‘lanishlarga to‘liq mexanik xarakteristika berish uchun bog‘lanishlar turli belgilariga qarab, ma’lum klasslarga ajratiladi. Shu nuqtai nazardan bog‘lanishlar quyidagilarga bo‘linadi:

1. Agar moddiy nuqtaga qo‘yilgan bog‘lanishlar uning fazodagi harakatiga chek qo‘yib, nuktaning tezligini cheklamasalar, bunday bog‘lanishlar *geometrik bog‘lanishlar* deb ataladi.

2 Agar moddiy nuktaga kuyilgan bog‘lanishlar uning fazodagi harakatini va tezligini cheklasalar, bunday bog‘lanishlar *kinematik bog‘lanishlar* deb ataladi.

Bir- biriga nisbatan harakat qila oladigan ikki zvenoning qo‘shilmasi *kinematik juft* deb ataladi. Ikki zvenoning bir-biri bilan qo‘shilgai (tegishib turgan) yerlari kinematik *juftning elementlari* deyiladi.

Har qanday mexanizm ham bir necha zvenoning bir-biri bilan ma’lum tartibda qo‘shilishidan hosil bo‘ladi. Mexanizm tarkibiga kiruvchi zvenolarning har biri ma’lum tartibda harakat qilishi shart. Agar sistema tarkibiga kiruvchi zvenolar ma’lum tartibda harakat qilmasa, u holda, bunday sistema mexanizm bo‘lmay, tartibsiz harakat qiluvchi sistema bo‘lib qoladi.



Aylanma kinematik juft. 1- podshipnik; 2 – ship.

Zvenolarli kinematik juftlar orqali bir-biriga qo‘shish yo‘llari xilma-xildir. Masalan, valning uchi (shipi) podshipnikda faqat aylanma harakat qiladi Bu yerda valning uchi podshipnik bilan silindrik sirt orqali qo‘shilib, kinematik juft hosil qiladi. Shipning sirtqi silindrik yuzasi podshipnikning ichki silindrik yuzasi bilan qo‘shilgan. Ana shu tegib turgan sirtlar kinematik *juftning elementlari* deb ataladi. Shakldan ko‘rinib turibdiki, val podshipnikda faqat aylanma harakat qila oladi. Agar val bilan podshipnik erkin zvenolar deb qaralsa, ularning erkinlik darajalari juftning erkinlik darajasidan ortiq bo‘ladi. Shunday qilib, ikkita erkin zveno (ship va podshipnik) bir-biri bilan kinematik juft hosil qilib, o‘z erkinlik darajalarini yo‘qotadi, boshqacha qilib aytganda, kinematik juft tarkibiga kiruvchi zvenolarning nisbiy harakatiga ma’lum darajada chek qo‘yiladi. Ana shu kinematik juft tarkibiga kirgan zvenolarnipg nisbiy harakatiga qo‘yilgan chek kinematik juftlardagi *bog‘lanish shartlari* deb ataladi.

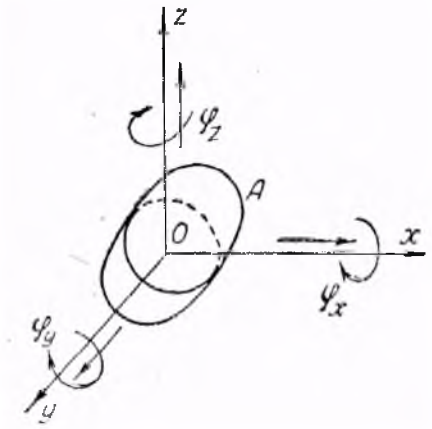
Kinematik juftlar zvenolarniig nisbiy harakatiga qo‘yilgan cheklar (bog‘lanishlar) soniga qarab klasslarga bo‘linadi.

2. Kinematik juftlarning klassifikatsiyasi

Geometrik bog‘lanishga bo‘ysunuvchi biror obyektning fazodagi holatini aniqlovchi, bir-biriga bog‘liqsiz parametrlar soni shu obyektning *erkinlik darajasi* deyiladi. Tekislikdagi dekart koordinatalar sistemasida ozod nuktaning erkinlik darajasi ikkiga teng, chunki nuqta koordinatalarini (vaziyatiii) bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan *x* va *y* lar aniqlanadi. Agar shu nuqta fazoda bo‘lsa, uning vaziyatini bir-biriga bog‘liqsiz *x, y, z* parametrlari bilan aniqlab, erkinlik darajasi uchta ekanligini bilish qiyin emas.

Endi, kiiyematik juftlar tarkibidagi zvenolarning nisbiy harakatiga qanday bog‘lanishlar qo‘yilishi va ularning soni qancha bo‘lishini tekshirib chiqamiz.

Umumiy holda fazoda harakat qilayotgan har qanday qattiq jismning erkinlik darajasi 6 ta bo‘lib ulardan uchtasi *x, y, z* o‘qlari bo‘ylab ilgarilama harakatdan, uchtasi esa shu o‘qlar atrofida aylanma harakatdan iborat bo‘lishi mumkin (7- shakl).



Fazodagi erkin jism

Shunday qilib, fazodagi har bir zveno vaziyatini 9 ta koordinata orqali ifodalasak, tekislikdagi zvenoning vaziyatini 4 ta koordinata orqali ifodalashmumkin. Agar n ta zveno bo‘lsa, u holda, fazodagi *n* ta zveno vaziyati 9n ta koordinata orqali, tekislikdagi n ta zvenoning vaziyati esa *4n* ta koordinata orqali ifodalanadi.

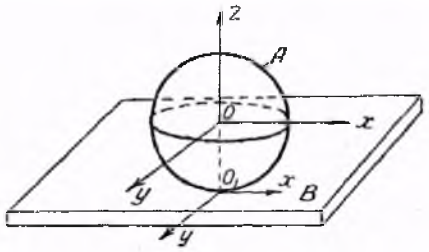
Shunday qilib, sistemaning qo‘zg‘aluvchanligi shu sistemaning koordinatalari soni bilan ularga qo‘yilgan bog‘lanishlar sonining ayirmasi orqali belgilanadi. Bu ayirma sistemaning *erkinlik darajasa* deb ataladi.

Binobarin, absolyut qattiq jismga hech kanday cheklanish qo‘yilmasa, shu jism tanlab olingan *x, y, z* koordinatalar sistemasida oltita tomonga haraqat qila olar ekan. Agar shu erkin jism boshqa bir jism bilan kinematik juft hosil kilsa, uning nisbiy harakatiga ma’lum darajada chek qo‘yiladi. Nisbiy harakatga qo‘yilgan cheklar soni oltitadan kam bo‘lishi kerak. Agar oltita bo‘lsa, kinematik juftlik xususiyati yo‘kolib, juft qattiq, nisbiy harakatsiz jismga aylanadi. Agar nisbiy harakatga qo‘yilgan bog‘lanishlar soni birdan kichik bo‘lsa, u holda, kinematik juft bo‘lmaydi, chunki, ikki jism bir-biriga jips holda xarakatlanadi. Shunday qilib, borlanishlar soni 1—5 chegarasida o‘zgarar ekan. Agar biz kinematik juft tarkibidagi zvenoning nisbiy

harakatidagi erkinlik darajasini N bilan, bog‘lanish shartlari sonini S bilan belgilasak, quyidagi tenglamani hosil qilamiz: $C + H = 6$

Yuqoridagi formuladan kinematik juft zvenosining nisbiy harakatiga qo‘yilgan bog‘lanish shartlari bilan shu juft zvenosi nisbiy harakatining erkinlik darajasi faqat 1 dai 5 gacha o‘zgarishini ko‘rish qiyin emas.

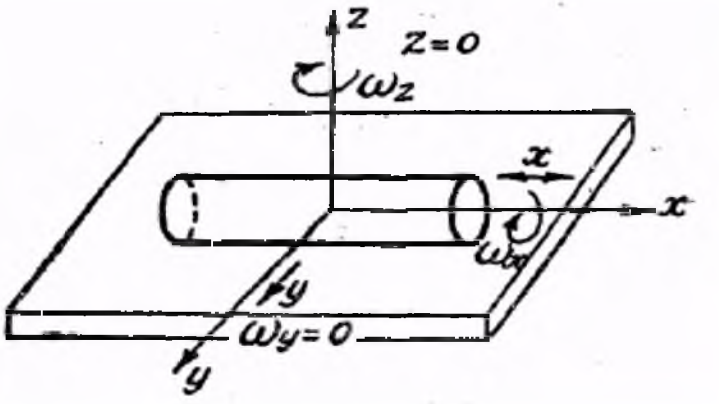
Tekislik ustida shar turibdi, deb faraz qilaylik. Shar bilan tekislik birgalikda kinematik juft hosil qiladi. Shar A harfi bilai, tekislik esa B harfi bilan belgilangan. Shar tekislikda uchta *x, y, z* o‘qlari atrofida aylanma harakat va *x, y* o‘qlari bo‘ylab ilgarilama harakat qilishi mumkin. Shar z o‘qi bo‘ylab pastga tomon harakat qila olmaydi, chunki, uning harakatiga tekislik to‘skinlik qiladi. Demak, shar bilan tekislik orasida bog‘lanish hosil bo‘ldi. Sharning fazodagi vaziyatini o‘zaro uchta bog‘lanish tenglamasi bilan bog‘langan 9 ta koordinata orqali belgilash mumkin. Bir-biriga bog‘liqsiz 9 ta koordinata sonidan 3 ta bog‘lanish sonini ayirib, 6 ta erkinlik darajasini hosil qilish mumkin. Agar shar doimo tekislikka tegib turishi shart bo‘lsa, u 1 klass kinematik juft, u holda, sharning erkin harakatiga yana bitta chek qo‘yamiz.



Sharni yuqoriga ko‘tarish yaramaydi, aks holda shar bilan tekislik orasidagi bog‘lanish buziladi va juftlik yo‘qoladi. Shunday qilib, sharniig 3 ta o‘k atrofida aylanma va ikki x, y o‘qlari bo‘ylab ilgarilama xarakatini olamiz. Natijada, shar 5 xil harakatda bo‘ladi, bu esa sharning erkinlik darajasi sonini bildiradi, buida bog‘lanish tenglamalari soni quyidagicha bo‘ladi: S=6 —H = 6 —5= 1

Demak, kinematik juft hosil bo‘ldi.

Shunday qilib, shar bilan tekislik klass kinematik juft hosil qiladi.



II klass

Agar tekislik ustida silindr bo‘lsa, bu silindr x va u o‘qlari atrofida aylanma , shu o‘qlar bo‘ylab ilgarilama harakat qiladi. Demak, kinematik juft zvenosi bo‘lgan silindrning erkinlik darajasi soni 4 ga tengdir

Silindrga qo‘yilgan bog‘lanish shartlarining soni quyidagicha, bo‘ladi:

$$C = 6 - 4 = 2$$

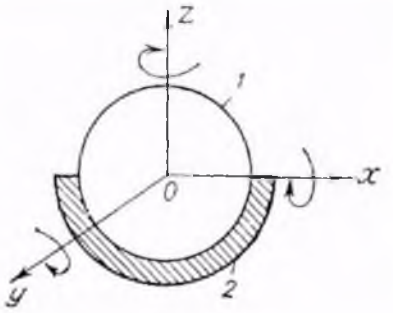
Binobarin, bayon qilingai kinematik juft II klass kiiyematik juftdir.

I va II klass kinematik juftlar bayonidan ma'lumki, kinematik juftlarning qo'zg'aluvchanligi (N) jism erkinlik darajasi bilan bog'lanish shartlari soni (S) ning ayirmasiga teng.

Shunday qilib, juftning qo'zg'aluvchanlik darajasi soni yetishmagan bog'lanish shartlari soni bo'lib, bog'lanish shartlari kinematik juftdagi zvenolardan birining erkinlik darajasini kamaytiruvchi faktor ekai.

Bog'lanishlar soni uchga teng bo'lgan kinematik juftni ko'rib chiqaylik

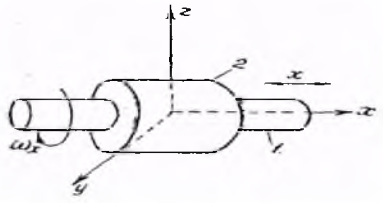
Sferik qobiq ichiga solingan shar bunday kinematik juftga misol bo'la oladi.



III klass kinematik juft.

1 zveno (shar) sirtqi yuzasi bilan 2 zvenoning ichki yuzasiga doimo tegib turishi va zvenolardan biri ikkinchisiga nisbatan faqat shu yuzalar orqaligina nisbiy harakat qilishi mumkin. Bunday kinematik juft *sharli sharnir* deb ataladi; bunday sharnir avtomobil, tikuv mashinasi va boshqa mashinalarda ko'p ishlatiladi.

1- zvenoning 2- zvenoga nisbatan yoki 2- zvenoning 1- zvenoga nisbatan xarakati faqat *x, y, z* o'qlari atrofida bo'ladigan aylanma harakatdan iboratdir. 1- zvenoning yoki 2- zvenoning nisbiy ilgarilama harakatiga chek qo'yilgan. Shunday qilib, shaklda ko'rsatilgan kinematik juft zvenosining erkinlik darajasi uchga tengdir. Unga qo'yilgan bog'lanishlar soni quyidagicha bo'ladi: S = 6 — N = 6 — 3 = 3



IV klass kinematik juft.

Demak, hozirgina bayon qilingan kinematik juft III - klass kinematik juftga oid ekan.

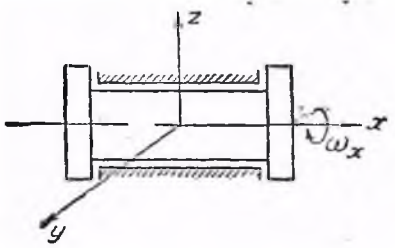
IV klassga oid kinematik juftni ko'rib chiqaylik. Kovak silindr ichiga silindr joylangan, deb faraz qilaylik. Shaklda ko'rsatilgan yaxlit va kovak silindrlarning elementlari silindrik yuzalar bo'lib, ulardan birining yuzasi (1- zvenoniki) sirtqi silindrik yuza bo'lsa, ikkinchisiniki (2- zvenoniki) ichki silindrik yuzadir.

Ikkala silindr ham kinematik juftning zvenolari bo'lib, ular bir-biriga nisbatan faqat x o'qi atrofida aylanma harakat, shu o'q bo'ylab esa ilgarilama harakat qila oladi, xolos. Demak, kinematik juft tarkibidagi zvenoning erkinlik darajasi 2 ga teng ekan.

Erkinlik darajasi 2 ga teng bo‘lgan kinematik juft zvenosining nisbiy xarakatiga qo‘yilgan bog‘lanishlar soni quyidagicha bo‘ladi: $C = 6 - H = 6 - 2 = 4.$

Binobarin, bu kinematik juft V klassga oid ekan.

V klassga oid kinematik juftlar bilan tanishib o‘taylik. Bunday juftlar hozirgi zamon mashina va mexanizmlarida juda ko‘p uchraydi. V klass kinematik juftni ko‘rib chiqamiz. Agar shu kinematik juft zvenolaridan birining nisbiy harakatiga yana bir chek qo‘ysak, u holda, juft zvenosi-ning erkinlik darajasi (N) faqat bitta bo‘lib qoladi. Agar x o‘qi bo‘ylab ilgarilama harakatiga chek qo‘ysak, u holda zveno faqat shu o‘q



V klass kinematik juft

atrofida aylanadi. Bordi-yu, uning aylanma harakatiga chek qo‘ysak, zveno faqat *x* o‘qi bo‘ylab ilgarilama harakat qiladi. Shunday qilib, kipematik juft zvenosiga qo‘yilgan bog‘lanish shartlarining soni quyidagicha bo‘ladi:

$$C = 6 - H = 6 - 1 = 5.$$

Demak, shaklda ko‘rsatilgan kinematik juft V klassga oid ekan.

Shaklda ko‘rsatilgan V klass kinematik juftning elementlari ichki va sirtqi silindrik yuzalar bilan bir qatorda, ularning yon tomonlariga o‘rnatilgan cheklanish tashkil qilgan tekislikdan ham iboratdir.

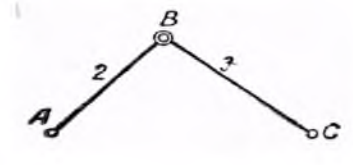
Nazorat savollari:

1. Bog‘lanish deb nimaga aytiladi?
2. Bog‘lanish turlarini sana o‘ting
3. Erkinlik darajasi deb nimaga aytiladi?
4. I klass kinematik juft haqida ma’lumot bering
5. II klass kinematik juft to‘g‘risida tushuncha bering
6. III klass kinematik juft mexanizmlarni izohlang
7. IV klass kinematik juft haqida ma’lumot bering
8. V klass kinematik juft mexanizmlar to‘g‘risi ma’lumot bering

3. Kinematik zanjirlar va ularning turlari

Bir necha zvenoning kinematik juftlar vositasi bilan birikishidan (bog‘lanishidan) hosil bo‘lgan qo‘zg‘aluvchi sistema *kinematik zanjir* deb ataladi. Masalan, 2 va 5 zvenolar V klass aylanma kinematik juft orqali V nuqtada bog‘lanib, kinematik zanjir xosil qiladi (13- shakl).

Shaklda ko‘rsatilgan zvenolarda ikki hol bo‘lishi mumkin: birinchidan, zvenolarning ikkalasi ham qo‘zg‘aluvchan bo‘lib, bir-biriga nisbatan aylanma harakat qila oladi



Ikki povodokli val ikkinchidan, zvenolarning biri qo‘zg‘almas bo‘lib, ikkinchisi birinchisiga nisbatan (yoki, aksincha, birinchisi ikkinchisiga nisbatan) V sharnir vositasida aylanma harakat qiladi. Shakldagi kinematik zanjir zanjirlar ichida eng oddiysi bo‘lib, bunday kinematik zanjirlar hozirgi zamon mashina va mexanizmlari tarkibida juda ko‘p uchraydi.

Yuqorida bayon etilgan zanjirdagi kinematik juft o‘z tuzilishiga ko‘ra, oliy va quyi juft bo‘lishi mumkin. A va C kinematik juftlarning elementlari erkin elementlardir.

Kinematik zanjirlar, tarkibidagi zvenolar xiliga ko‘ra oddiy va murakkab zanjirlarga bo‘linadi. Agar kinematik zanjir tarkibiga kiruvchi zvenolarning biri faqat ikkitadan kinematik juftga kirsa, bunday zanjir oddiy zanjir deb, kinematik zanjir tarkibidagi zvenolarning biri ikkitadan ortiq kinematik juftga qo‘shilsa, bunday zanjir *murakkab zanjir* deb ataladi

4. Tekislikda harakat qiluvchi mexanizmlarning tuzilish formulasi (akademik P. L. Chebishev formulasi)

Kinematik zanjirlar tarkibiga kiruvchi zvenolardan birini mahkamlab qo‘yish yo‘li bilan mexanizmlar hosil qilinadi. Har qanday mexanizmda harakat qonuni berilgan zvenolar va harakat qonunlarini topish lozim bo‘lgan zvenolar bo‘ladi. Shunday qilib, harakat qonunlari berilgan (ma’lum bo‘lgan) zvenolar *yetaklovchi zvenolar*, yetaklovchi zvenolar harakat qonunlariga qarab aniqlanishi lozim bo‘lgan barcha zvenolar *yetaklanuvchi zvenolar* deb ataladi.

Demak, kinematik zanjir tarkibiga kiruvchi qo‘zg‘almas biror zvenoga nisbatan bir yoki bir necha zveno muayyan tartibda harakatlangan vaqtda zanjirning qolgan zvenolari ham ma’lum tartibli harakat qilsa, bunday kinematik ***zanjir mexanizm*** deb ataladi.

Harakat qiluvchi mexanizmlar tarkibidagi barcha zvenolar bir tekislikda yoki bir-biriga parallel tekisliklarda harakat qilsa, bunday mexanizmlar ***tekislakda harakat qiluvchi (tekis) mexanizmlar*** deb ataladi.

Bunday mexanizmlarning tuzilish formulasini P. L. Chebishev tomonidan taklif kilingan:

$$W = 3 \cdot n - 2 \cdot P_5 - 1 \cdot P_4 \qquad (1)$$

bu yerda, W - tekis mexanizmning qo‘zg‘aluvchanlik darajasi;

n — tekis mexanizm tarkibidagi qo‘zg‘aluvchi zvenolar soni;

R_5—V klass (tekislikda II klass) kinematik juftlar soni;

R_4— IV klass (tekislikda I klass) kinematik juftlar soni.

(1) formula tekis mexanizmlarning tuzilish formulasi yoki tekis mexanizmlarning qo‘zg‘aluvchanlik darajasini *aniqlovchi formula* deb ataladi.

Chebishev formulasidan foydalanib, har qanday mexanik sistemaning mexanizm yoki mexanizm emasligini aniqlab olamiz. Agar qo‘zg‘aluvchi zvenolar soni bilan kinematik juftlar soni aniqlanib, Chebishev formulasi asosida hisoblaganda sistemaning qo‘zg‘aluvchailik darajasi nol bo‘lsa, bunday sistemaning birorta zvenosi ham harakat qila olmaydi, bu esa sistemaning ferma ekanligini bildiradi. Agar mexanik sistemaning qo‘zg‘aluvchanlik darajasi birga teng (W= 1) bo‘lsa, bu sistema bitta yetaklovchi zvenoga ega mexanizm bo‘ladi. Agar berilgan mexanik sistemaning qo‘zg‘aluvchanlik darajasi ikkiga teng (W =2) bo‘lsa, sistema mexanizm bo‘lib, uning yetaklovchi zvenosi ikkitadir va xokazo.

Tekislikda harakat qiluvchi mexanizmlarning xili juda ko‘p. Yuqorida bayon etilgan tuzilish formulasidan ma’lumki, tekislikda harakatlanuvchi mexanizmlar tarkibiga kirgan zvenolar bir-biri bilan faqat V klass quyi juftlar (aylanma va ilgarilama juftlar) va IV klass oliy juftlar hosil qila oladi.

Masala.

1-masala. Ikki zvenodan tuzilgan richagli mexanizmning qo‘zg‘aluvchanlik darajasi topilsin.

YE ch i sh: n = 1; R_5= 1; R_4= 0 demak:

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 = 3 \cdot 1 - 2 \cdot 1 = 1$$

Bu mexanizmning qo‘zg‘aluvchanlik darajasi birga teng ekan. Unda 1 — qo‘zg‘almas zveno (stoyka), 2 — qo‘zg‘aluvchan zveno, ya’ni krivoship.

2-masala. Sharnirli to‘rt zvenoli mexanizmning qo‘zg‘aluvchanlik darajasi topilsin.

YE ch i sh: n = 3; R_5= 4; R_4= 0, demak:

$$W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1$$

Bu mexanizmning ham qo‘zg‘aluvchanlik darajasi 1 ga teng. Mexanizmning 2 zvenosi krivoship bo‘lib, shu yetaklovchi zvenoning harakat qonuni (minutiga aylanish soni yoki burchak tezligi) ma’lum bo‘lsa, qolgan 3 va 4 zvenolari ma’lum tartibda harakat qiladi.

Nazorat savollari:

1. Kinematik zanjir deb nimaga aytiladi?
2. Oddiy va murakkab kinematik zanjirlar deb nimaga aytiladi?
3. Yopiq kinematik zanjirlar deb nimaga aytiladi?
4. Mexanizm bo‘lishi uchun qanday shart bajarilishi kerak?
5. Yetakchi va yetaklanuvchi zvenolar haqida ma’lumot bering
6. Tekis mexanizmlar deb nimaga aytiladi.
7. P.L.Chebishev formulasini izohlang.

5. **Mexannzmlarning turli vaziyatdagi planlarini tuzish**

Mexanizmlarning har xil vaziyatlarini topishdan avval, mexanizm masshtabi to‘g‘risida to‘xtab o‘tishga to‘g‘ri keladi. Ko‘pincha, mexanizmlar

ma’lum masshtab asosida chiziladi. Bundan maqsad, mexanizm zvenolarining uzunlik o‘lchovlari juda kichik bo‘lsa, ularni kattalashtirib, katta bo‘lsa, kichraytirib chizishdan iboratdir.

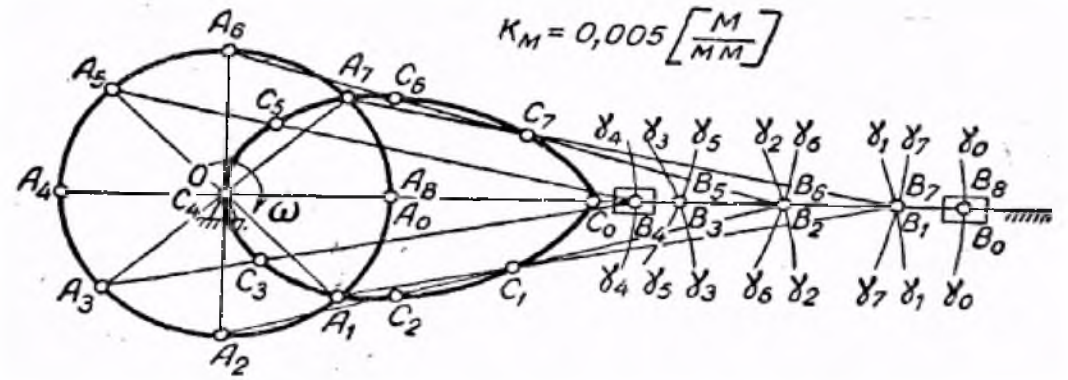
Masalan, aviatsiya dvigatelining O_1AB aksial krivoship-shatunli mexanizmi berilgan bo‘lsin

Bu mexapizm zvenolarining uzunlik o‘lchovlari quyidagicha:

l_{OA} = 95 mm — 0,095 m — krivoshipning haqiqiy uzunligi;

l_{DV} = 340 mm = 0,340 m — shatunning haqiqiy uzunligi;

l_{AS} = 100 mm = 0,1 m — shatun og‘irlik markaziving A nuqtadan bo‘lgan oralig‘ining haqiqiy uzunligi.



Krivoship-shatunli mexanizm.

Har qanday mexanizmni qog‘ozda tasvirlash ana shu masshtab asosida olib borilgani uchun ham biz masshtab haqida to‘la tasavvurga ega bo‘lmog‘imiz lozim. Mashinasozlik chizmachiligida masshtab qo‘yish mashina va mexanizmlar nazariyasidagidek bo‘lmasa ham, lekin oqibat natijasi bir xildir.

Mexanizm zenolarini K_M masshtabda shakldagidek qilib chizamiz. Mexanizm masshtabi (K_M) quyidagi formula bilan topiladi;

$$K_м = \frac{l_{AB}}{AB}$$

bu yerda AB - shatun uzunligining masshtab kattaligi, bu kesmani shu kesma chiziladigan qog‘oz sathiga qarab tanlaymiz. Biziing misolimizda

AB = 68 mm, u holda mexanizm masshtabi quyidagicha bo‘ladi:

$$K_м = \frac{0{,}34}{68} = 0{,}005$$

Demak, AB kesmaning (qog‘ozga chiziladigan kesmaning) har 1 mm uzunligida 0,005 m, ya’ni 5 mm haqiqiy uzunlik bor ekan. Shunday qilib, mexanizmdagi. qolgan zveno krivoshipning masshtab kattaligi, ya’ni qog‘ozga chiziladigan uzunligi quyidagicha bo‘ladi:

$$OA = \frac{l_{OA}}{K_м} = \frac{0{,}095}{0{,}005} = 19 \text{ мм}$$

Tasvirlangan shakldagi mexanizm o‘z kattaligidan besh marta kichik kilib chizilganini $K_M = 0{,}005 \left[\frac{м}{мм}\right]$ bilish mumkin.

Hisoblash ishlarini mexanizmning nol (OA_0V_0) vaziyatidan boshlaymiz. Mexanizmning boshlang‘ich (nol) vaziyati quyidagicha topiladi:

$$L = OA + AB = 0{,}087 \text{ м}$$

Shunday qilib, mexanizm krivoshipining aylanish markazi (0) dan o‘ng tomonga L= 87 mm uzunlikdagi radius bilan $\gamma_0\gamma_0$ yoyini chizamiz. Bu yoyning polzun yo‘naltiruvchisi x-x o‘qi bilan kesishuv nuqtasini B_0 orqali belgilaymiz, 0 markaz bilan V nuktani tutashtiramiz va OB_0 ning α yoyi bilan kesishuv nuqtasini A_0 orqali belgilaymiz. Shunday qilib, OA_{B0} aksial krivoship-shatunli mexanizmning boshlang‘ich (nol) vaziyati topiladi.

Mexanizmning OA krivoshipining A nuqtasining trayektoriyasi radiusi krivoship OA ning uzunligiga teng bo‘lgan aylanadan iboratdir. Bu aylanani mexanizmning nol vaziyatidan boshlab teng (8, 12, 18, va xokazo) bo‘laklarga bo‘lamiz.

Qaralayotgan aylanani krivoshipning OA_0 vaziyatidan boshlab teng sakkiz bo‘lakka bo‘ldik.

Biz mexanizmping yangi vaziyatlarini topishda uning zvenolarida hech qanday deformatsiya (yoki o‘zgarish) bo‘lmaydi, ya’ni barcha zvenolar absolyut qattiq jismdai yasalgan, deb faraz qilamiz. Mexanizmning yangi OA_1B_1 vaziyatini hosil qilish uchun $A_1B_1 = A_0B_0$ shatun uzunligini radius qilib, A nuqtaning trayektoriyasi bo‘lgan aylanadagi A_1 nuqtani markaz qilib olib, *x-x* o‘qi yo‘naltiruvchi bilan kesishguncha yoy chizamiz. Bu $\gamma_1\gamma_1$ yoyning *x-x* o‘qi yo‘naltiruvchi bilan kesishuv nuqtasi polzunning B_1 vaziyatini beradi. Shunday qilib, krivoship OA_0 vaziyatdan soat strelkasi yurgan tomoiga 45° burilib, OA_1 vaziyatga kelganda (yoki krivoshipning A_0 nuqtasi aylana buylab A_0A_1 yo‘l yurganda) mexanizmning polzuni *x-x* o‘qi yo‘naltiruvchida B_0B_1 yo‘lni bosar ekan.

Agar krivoship $0A_1$ vaziyatdan OA_2 vaziyatga o‘tsa, u holda, polzun B_1 vaziyatday B vaziyatga o‘tadi yoki A_1 kuqta yana 45° ga burilib A_1A_2 yo‘lni o‘tganda polzun B_1B_2 yo‘lni bosib o‘tadi. A nuqta A_2 dan A_3 ga o‘tsa, polzun B_2 dan B_3 ga o‘tadi va xokazo.

Shunday qilib, krivoshipning A nuqtasi A_0 vaziyatdan A_4 vaziyatga o‘tsa, ya’ni, krivoship 180° ga burilsa, polzun o‘ng tomonda eng chekka B_0 vaziyatdan chap tomondagi eng chekka B_4 vaziyatga o‘tib, B_0B_4 maksimal yo‘lni bosib o‘tgan bo‘ladi.

Krivoshipga OA_4 vaziyatdan soat strelkasi yurgan tomon aylanib, OA vaziyatga o‘tganda polzunning B_4 nuqtasi yana o‘ngga qaytib, B_5 vaziyatni egallaydi, krivoship OA_6 vaziyatga o‘tganda polzun B_5 vaziyatdan B_6 vaziziyatga keladi, ya’ni, polzun bu vaqtda B_5B_6 yo‘lni o‘tadi va xokazo. Shu tariqa harakat qilib polzun B_7 vaziyat orkali B_8 ga, ya’ni, polzun o‘z harakatini boshlagan B_0 nuqtaga keladi

Agar polzun markazi bosib o‘tgan B_0, B_1 . . . , B_8 nuqtalarni bir-biri bilan tutashtirsak, hosil bo‘lgan $B_0B_4B_8$ to‘g‘ri chiziq B nuqtaning trayektoriyasini beradi. A nuqta trayektoriyasi aylana, B nuqta trayektoriyasi esa to‘g‘ri chiziq ekanligi shakldan ko‘rinib turibdi.

Bordi-yu, AB shatundagi biror S nuqtaning krivoship bir marta to‘la aylanganda chizgan trayektoriyasini topmoqchi bo‘lsak, u holda, AS oraliqni o‘lchab, uni A_0B_0, A_1B_1, . . . , A_7B_7 uzunlik vaziyatlarining A_0, A_1 . . . ,A_7 uchlaridan boshlab qo‘yib, shatundagi S nuqtaning S_0, S_1 . . . , S_7 vaziyatlarini belgilab olamiz. Agar shu nuqtalarni bir-biri bilan tutashtirsak, ellips

singari yopiq egri chiziq hosil bo‘ladi. Ana shu yopiq egri chizik shatundagi S nuqtaning trayektoriyasidir.

Shatunnnng A nuqtasi aylana, B iuqtasi to‘g‘ri chiziq buyicha harakatlanishini, A bilan B ning biror oralig‘ida C nuqta ellips kabi yopik egri chiziq trayektoriyalarini chizishini shakldan ko‘rish qiyin emas. Shuni ham aytish kerakki, C nuqta A ga yaqinlashib borsa, uning trayektoriyasi aylanaga yaqinlashadi, C nuqta B ga yaqiilashib borgan sari, uning trayektoriyasi to‘g‘ri chiziqqa yaqinlashib boradi.

Mexanizmning nuqtalari har xil trayektoriyalar buyicha harakat kilishi xususiyati texnikada juda ko‘p foydalaniladi. Masalan, polzunning to‘g‘ri chiziqli harakatidan krivoshipning aylanma harakatini yoki, aksincha, krivoshipning aylanma harakatidan polzunning to‘g‘ri chiziqli harakatini, koromisloli to‘rt zvenoli sharnirli mexanizmning shatunidagi nuqta trayektoriyasidan avtomat non zavodlarida xamir qorish ishlarida, aylana trayektoriya hosil qiladigan zvenolardan har xil qo‘shilmalarni aralashtirish ishlarida, yoy shaklidagi zveno nuqtasining trayektoriyasidan har xil xrapovikli uzatmalarda, to‘g‘ri chiziqli trayektoriyalaridan tikish mashinalarida, presslash ishlarida foydalaniladi va hokazo.

Shunday qilib, hozirgi zamon mexanizm va mashinalar nazariyasining asosiy masalalaridan biri maqsadga muvofiq trayektoriyalar chizadigan mexanizm yaratish va bu mexanizmlardan kishi qo‘li bilan bajaradigan ishlarni bajarishda foydalanishdan iboratdir.

6. Tekislikda harakatlanuvchi mexanizm zveno nuqtalarining tezlik va tezlanishlarini topish

Har kanday mexanizm to‘g‘risida to‘la ma’lumotlarga ega bo‘lish va ulardan qayerlarda foydalanish mumkinligi to‘g‘risida xulosalar qilish uchun va uni to‘la xarakterlash uchun shu mexanizm tarkibidagi zveno nuqtalarining chiziqli va burchak tezlik, hamda tezlanishlarining o‘zgarish qonuniyatlarini bilish kerak.

Tekislikda harakat qiluvchi mexanizmlar kinematikasi, asosan, uch xil usul bilan o‘rganiladi. Kinematikani o‘rganishning birinchi usuli grafik kinematika bo‘lib, bunda, asosan, nuqtaning yo‘li, tezligi va tezlanishining vaqtga nisbatan o‘zgarish qonunlari grafik usulda tekshiriladi.

Mexanizmlar kinematikasini grafik usulda o‘rganish mexanizmlarning *grafik kinematikasi* deb ataladi. Bu usulda, asosan, mashhur fransuz olimi Rene Dekartning (1596—1650) koordinatalar sistemasidan foydalaniladi. Grafik kinematikaning afzalligi shundaki, unda zveno nuqtalarining tezliklari va tezlanishlarining skalyar o‘zgarish qonunlari yaqqol ko‘rinib turadi, ammo ularning vektorial o‘zgarish qonunlarini grafik kinematika metodidan ko‘rib bo‘lmaydi. Bu usulning kamchiligi shundaki, yo‘l (yoki oralik) grafiklaridan tezlik va tezlanish grafiklariga o‘tishda birmuncha xatoliklarga yo‘l qo‘yilishi mumkin.

Mexanizmlarning grafik kinematikasini o‘rganishda yo‘l grafigidan yoki oraliq grafigidan tezlik grafigini, tezlik grafigidan tangensial tezlanish grafigini hosil qilishda grafik differensiallash metodlaridan foydalaniladi.

Mexanizmlar kinematikasini o‘rganishning ikkinchi usuli tezlik va tezlanishlar planidan foydalanishdir. Mexanizmlar kinematikasini o‘rganishning bunday usuli mexanizmlarning grafoanalitik, kinematikasi deb ataladi. Bunda,

asosan, harakatlarning vektor tenglamalaridan foydalaniladi, bu tenglamalar esa, asosan, grafik usulda yechiladi. Bu usul tezliklar va tezlanishlar planidan foydalanish usuli deb ham ataladi.

Grafoanalitik usulning afzalligi shundaki, bunda, asosan, mexanizm zvenolari nuqtalariniig tezligi va tezlanishiniig ham skalyar, ham vektorial qiymatlari mexanizmning istalgan vaziyati uchun ma'lum bo‘ladi.

Nihoyat, mexanizmlar kinematikasini analitik usul bilan ham o‘rganish mumkin. Analitik usul juda aniq usullardan bo‘lib, uni ko‘p zvenoli mexanizmlarga tatbiq etish ancha qiyin. Shuning uchun analitik kinematika usuli kam zvenoli mexanizmlarga (krivoship-shatunli, 4 zvenoli kulisali mexanizmlar va boshqalarga) tatbiq etilsa, yaxshi natijalar beradi. Analitik usuldan katta aniklik talab etiladigan mexanizmlar uchun foydalaniladi.

Analitik kinematikaning afzalligi shundaki, bu usulda yo‘l, tezlik va tezlanishlar (matematika tili bilan aytganda funksiyalar) bilan yetaklovchi zvenoning aylanish burchagi yoki bir marta to‘la aylanishi uchun ketgan vaqt (argument) orasidagi bog‘lanish birgina tenglama (yoki formula) orqali ifodalanadi. Ammo analitik kinematikada, grafik va grafoanalitik kinematikadagi singari, fizik kattaliklarning skalyar hamda vektorial o‘zgarishi yaqqol ko‘rinib turmaydi. Keyingi kunlarda elektron hisoblash mashinalarining zo‘r berib rivojlantirilishi analitik kinematikadan foydalanishni osonlashtirdi.

7. Kinematik diagrammalar yordami bilan mexannzmlar kinematikasini o‘rganish (grafik kinematika)

Mexanizmlar kinematikasini tekshirishda asosiy shartlardan biri shuki yetaklovchi zveno yoki zvenolarning bir minut ichidagi aylanish soni (yoki burchak tezliklari) o‘zgarmas kattaliklar deb faraz qilinadi. Buning analitik ifodasi quyidagichadir:

$$n = \text{const}$$

bo‘lgani uchun:

$$\omega = \frac{\pi n}{30}$$

bo‘ladi. Burchak tezligi ham o‘zgarmas kattalik, ya'ni:

$$\omega = \text{const}$$

deb qaraladi.

Har qanday mexanizm yoki mashina zvenolarining harakati davriy bo‘lib, boshlang‘ich harakat ma'lum vaqt o‘tgach yana takrorlanadi va zvenolarning bu harakati yetaklovchi zvenolarning harakat qonunlari bilan bog‘liq bo‘ladi. Mexanizm davri, ko‘pincha, yetaklovchi zvenoning bir marta to‘la aylanishi uchun ketgan vaqtga teng bo‘ladi. Masalan, mexanizmning yetaklovchi zvenosi har minutda p marta aylansa, uning bir aylanishi uchun ketgai T vaqt (mexanizm davri) quyidagicha bo‘ladi:

$$T = \frac{60}{n}\left[\frac{сек}{айл}\right]$$

Mexanizm zvenosining bir sekund ichidagi aylanishining chastotasi va uning burchak tezlikgi quyidagicha boglangan

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi y = \frac{2\pi \cdot n}{60} \ рад/_{сек}.$$

Shunday qilib, burchak tezligi deb ataluvchi miqdor mexanizmning yetaklovchi zvenosining 2π sekund vaqt ichidagi aylanishlar sonini bildirar ekan, ya'ni, bunda vaqt birligi sifatida sekund olingan. Aylana radian hisobida 2π ga teng bo‘lgani uchun takror (burchak tezligi) o‘lchovini bir sekunddagi radianlar soni bilan belgilash odat qilingan. Mexanizm takror harakati shu davrdan so‘ng qaytarila beradi.

Demak, mexanizm tebranma harakat qilar va uning (T) tebranish davri yuqoridagi formula bilan topilar ekan. Shuning uchun ham har qanday mexanizmdagi yetaklovchi zvenoning bir marta to‘la aylanishida ayrim zveno nuqtasining harakatlanish qonunlarini bilish kifoya, chunki T davrdan keyingi harakatlar xuddi shu harakatning takroridan iborat bo‘ladi.

Grafik kinematikada ikkita grafik o‘rganiladi — bular yo‘l va oraliq grafiklaridir. Yo‘l grafigi davr ichida ko‘tarilib boruvchi grafik bo‘lib, ikkinchisi ma'lum vaqtdan so‘ng o‘z vaziyatiga qaytuvchi grafikdir. Bunday grafiklar chizish uchun, tanlab olingan dekart koordinatalar sistemasining ordinatalar o‘qiga mexanizm zenolari ayrim nuqtalarining o‘tgan yo‘llari yoki oraliqlari, abssissa o‘qiga esa yetaklovchi zvenoning bir marta to‘la aylanishi uchun ketgan vaqt qo‘yiladi. Ikkala kattalik ham ma'lum masshtabda olinib, bulardan biri yo‘l yoki oralik masshtabi K_l ikkinchisi esa vaqt masshtabi K_t deyiladi.

Shaklda ko‘rsatilgan aksial krivoship-shatunli mexankzm polzuni B sharnir markazining (yoki B nuqtasiniig) trayektoriyasi to‘g‘ri chiziqdan, AB shatundagi biror S nuqtaning trayektoriyasi esa $S_0S_4S_8$ yopiq egri chiziqdai iboratdir. Bu ikkala trayektoriya OA krivoshipning A_0 vaziyatidan boshlab, bir marta to‘la aylanganda hosil bo‘lgan.

Shunday qilib, shaklda mexanizmdagi B va C nuqtalarning shu mexanizm davri ichidagi harakat qonunini bilmoq (yo‘l yoki oraliq grafiklarini hosil qilmoq) uchun, yetaklovchi zveno A_0 vaziyatda deb qabul qilamiz. Demak, yetaklovchi zveno OA_0 vaziyatdan soat strelkasi yuradigan tomonga aylanib, bir davr (T vaqt) o‘tgach, yana o‘z holiga qaytib keladi. Shu davr ichida yetaklovchi zveno — krivoship cheksiz vaziyatlarni bosib o‘tishi yuqorida qayd etilgan edi.

Shaklda A nuqtaning trayektoriyasini — aylanani, tushuntirish oson bo‘lishi uchun, sakkizta teng bo‘lakka bo‘lgan edik. Demak, OA krivoship mexanizmining bir aylanish davri ichida OA_0 vaziyatdan boshlab OA_1, OA_2, . . ., OA_7 vaziyatlarni o‘tgach, yana OA_8 vaziyatga qaytib keladi.

Shu vaqt ichida polzundagi B nuqta o‘zining B_0 vaziyatidan B_1 vaziyatga o‘tib, B_0B_1 yo‘lni (oralikni) bosadi. Bu B_0B_1 oralikning haqiqiy kattaligini $S_{(B1)}$ bilan belgilasak, bu kattalik shakldagi B_0B_1 ning mexanizm masshtabiga ko‘paytirilganiga teng bo‘ladi, ya'ni: $S_{(B1)} = K_M \cdot B_0B_1$. Agar krivoshipning A nuqtasn A_1 vaziyatdan A_2 vaziyatga o‘tsa, u holda, B_1 nuqta B_2 ga ko‘chada va B_1B_2 oraliqni bosib o‘tadi.

Oraliqni B_0 vaziyatdan hisoblasak, $B_0B_2 = B_0B_1 + B_1B_2$ bo‘ladi. B_0B_2 ning haqiqiy kattaligini $C_{(B2)}$ deb belgilasak, $S_{(B1)} = K_M \cdot (B_0B_1 - B_1B_2)$ bo‘ladi.

Krivoship shu tarzda aylanishni davom ettirib, uning A nuqtasi A_3 vaziyatiga o‘tsa, B nuqta $C_{(B3)} = K_M \cdot B_0B_3$ va A nuqta A_4 ga kelganda B nuqta $C_{(B4)} = K_M \cdot B_0B_4$ maksimal oraliqni bosib o‘tadi. Demak, krivoship OA_0 vaziyatdan boshlab 180° ga aylansa, B nuqta A_0 vaziyatdan B_4 ga ko‘chib, maksimal oraliqni bosib o‘tar ekan. Mexanizmning OA_0B_0 vaziyati polzunning tinch vaziyat deb, B_0, B_4 vaziyatlar mexanizm B nuqtasining chekka vaziyatlari deb ataladi.

Krivoshipni OA_4 vaziyatdan boshlab aylanishda davom ettirsak, mexanizmiing B nuqtasi B_4 vaziyatdan o‘ng tomonga yura boshlaydi. Shu tarzda mulohazani davom ettirib:

$$S_{B_5} = K_M \cdot \overline{B_0B_5} = K_M (\overline{B_0B_4} - \overline{B_4B_5});$$

$$S_{B_6} = K_M (\overline{B_0B_6}) = K_M (\overline{B_0B_4} - \overline{B_4B_6} - \overline{B_5B_6});$$

$$S_{B_7} = K_M \cdot \overline{B_0B_7} = K_M (\overline{B_0B_4} - \overline{B_4B_5} - \overline{B_5B_6} - \overline{B_6B_7})$$

va, nihoyat:

$$S_{B_8} = K_M \cdot \overline{B_0B_8} = K_M (\overline{B_0B_4} - \overline{B_4B_8}) = 0$$

ekanligini , ko‘rish qiyin emas, ya’ni $S_{(B0)} = S_{(B8)} = 0$ bo‘ladi

Shunday qilib, krivoshipning OA_0 vaziyatidagi oraliq nol bo‘lib, uning bir marta to‘la aylanishida yana shu OA_0 vaziyatga keladi, ya’ni:

$$S_{B_0} = 0$$ bo‘ladi.

Demak, krivoshipning bir marta to‘la aylanishida V nuqta $S_{(B1)}$, $S_{(B2)}$, $S_{(B3)}$,…, $S_{(B8)}$ oraliklarni bosib o‘tar ekan. Agar bu oraliklar juda katta yoki juda kichik bo‘lsa, yoki chizma qog‘oziga sig‘masa, ular K_{SB} masshtabda kichik yoki katta qilib chiziladi. Nihoyat, dekart koordinatalar sistemasining ordinatalar o‘qiga K_{SB} masshtabda V nuqtaning oraligini, abssissalar o‘qiga esa K_t (masshtabda davrni qo‘ysak, oralik grafigi deb ataluvchi $S_B - t$ grafigi hosil bo‘ladi

Masshtabni quyidagicha tanlaymiz:

$$K_{S_B} = \frac{K_M \overline{B_0B_4}}{y_{\max}} \left[\frac{м}{мм}\right]$$

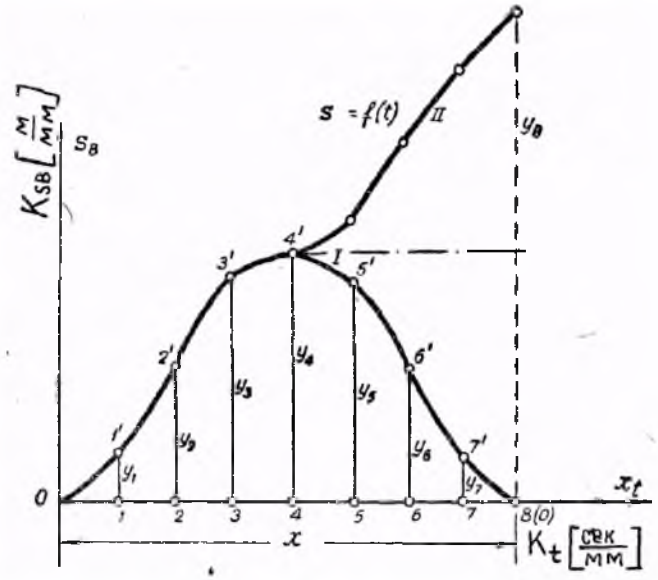
Yuqoridagi formuladan topilgan masshtab oraliq masshtabi deb ataladi; U_{max} ni chizma qog‘ozidagi joyga qarab tanlab olamiz, u holda, grafikka qo‘yiladigan ordinatalar quyidagicha topiladi:

$$y_0 = 0,\ y_1 = \frac{S_{B_1}}{K_{S_B}} [мм];\ y_2 = \frac{S_{B_2}}{K_{S_B}} [мм];\ y_3 = \frac{S_{B_3}}{K_{S_B}} [мм],\ \ldots;$$

$$y_7 = \frac{S_{B_7}}{K_{S_B}} [мм] \text{ va } y_8 = y_0 = 0$$

Vaqt masshtabi K_t quyidagicha bo‘ladi:

$$K_t = \frac{T}{x} = \frac{60}{n \cdot x} \left[\frac{сек}{мм}\right]$$



Yo‘l va oraliq grafigi: 1 — oralik grafigi; 2— yo‘l grafigi.

x kesma abssissalar o‘qiga qo‘yiladigan ixtiyoriy kesma bo‘lib, mexanizm davrini ifodalaydi. Mexanizm krivoshipning bir aylanishiga ketgan vaqtni teng sakkiz bo‘lakka bo‘lganimiz uchun *x* kesmani ham teng sakkiz bo‘lakka bo‘lamiz va koordinatalar boshidan 0, 1, 2, 3, . , , , 8 raqamlarini qo‘yib chiqamiz

Shaklda oraliq va yo‘l grafigi tasvirlangan. Oraliq grafigi 0 dan boshlanib, 4 vaziyatida uning ordinatasi maksimal qiymatga erishadi, keyingi vaziyatlarda ordinatalari pasayib, 8 vaziyatda yana nolga tushadi. Yo‘l grafigida esa yo‘l O dan boshlanib, doimo oshib boradi.

Krivoshipning 8 vaziyatida bosilgan yo‘l maksimal qiymatga ega bo‘ladi.

Shunday qilib, B nuktata trayektoriyasi misolida oraliq va yo‘l grafigini qanday hosil qilish bilan tanishib chiqdik. Bu grafik B nuqtaniig harakat qonunini ifodalaydi.

S_B – t grafigini grafik differensiallab, tezlik va tezlanish grafiklarini hosil qilish mumkin. S_B – t grafigini urinmalar, vatarlar va ordinatalarni orttirish usullari bilan differensiallash mumkin.

8. Urinmalar metodi bilan differensiallash

Bu metod bilan S_B – t grafigini differensiallash uchun, grafikdagi tegishli 1,2,3,4,...,7 nuqtalarga T_1 ,T_2 T_3 ... T_7 urinmalar o‘tkazamiz.

Ma’lumki, funksiya hosilasining geometrik ma’nosi shu egri chiziq nuqtasiga o‘tkazilgan urinmaning abssissalar o‘qi bilan hosil qilgan burchagi tangensini ifoda qilsa, fizik ma’nosi tezlikdan iboratdir. Yo‘ldan vaqtga nisbatan olingan hosila tezlik bo‘lganidan:

$$v_{B_i} = \frac{dS_{B_i}}{dt};\ S_{B_i} = K_{s_B} \cdot y_{s_i};\ t = K_t \cdot x_t$$

ekanligi e’tiborga olinsa:

$$v_{Bi} = \frac{K_{s_B}}{K_t} \cdot \frac{dy_{s_i}}{dx_t} = \frac{K_{s_B}}{K_t} \cdot \mathrm{tg}\alpha_i$$

kelib chiqadi.

Oralik grafigi S_B – t dan tezlik grafigini hosil qilish uchun shu grafik ostiga B_B – t koordinatalar sistemasini chizamiz. So‘ngra 0 - t o‘qining chap tomonidan ixtiyoriy N_1 = 00' masofani olamiz. 0' nuqtadan S_B – t grafigidagi T_1 ,T_2, ... urinmalarga parallel chiziqlar o‘tkazib, ularning ordi- natalar o‘qi bilan kesishgan nuqtalari 0_1 ,0_2 , . . . larni olamiz.

Shu ordinatalarni N_1 ga bo‘lsak, tg α_1, tg α_2, … lar kelib chiqishini ko‘rish qiyin emas. Shunday qilib, ixtiyoriy t nuqta uchun tg $\alpha_t = \frac{OO_t}{H_1}$ buladi va uni tezlik tenglamasiga kuysak, quyidagi kelib chikadi:

$$v_{B_t} = \frac{Ks_B}{K_t} \cdot \frac{\overline{OO_1}}{H_1}$$

Ixtiyoriy g‘ nuqtaning tezligi $V_{B1} = K_V \cdot y_{V1}$ ekanligini e’tiborga olib, quyidagini hosil qilamiz:

$$V_{B1} = K_V \cdot y_{V1} = \frac{K_{SB}}{K_t \cdot H_1} \cdot OO_1$$

tenglama K_V masshtabda polzundagi V nuqtaning g‘ vaziyatdagi tezligini ko‘rsatadi. Tezlik masshtabi K_V quyidagicha topiladi:

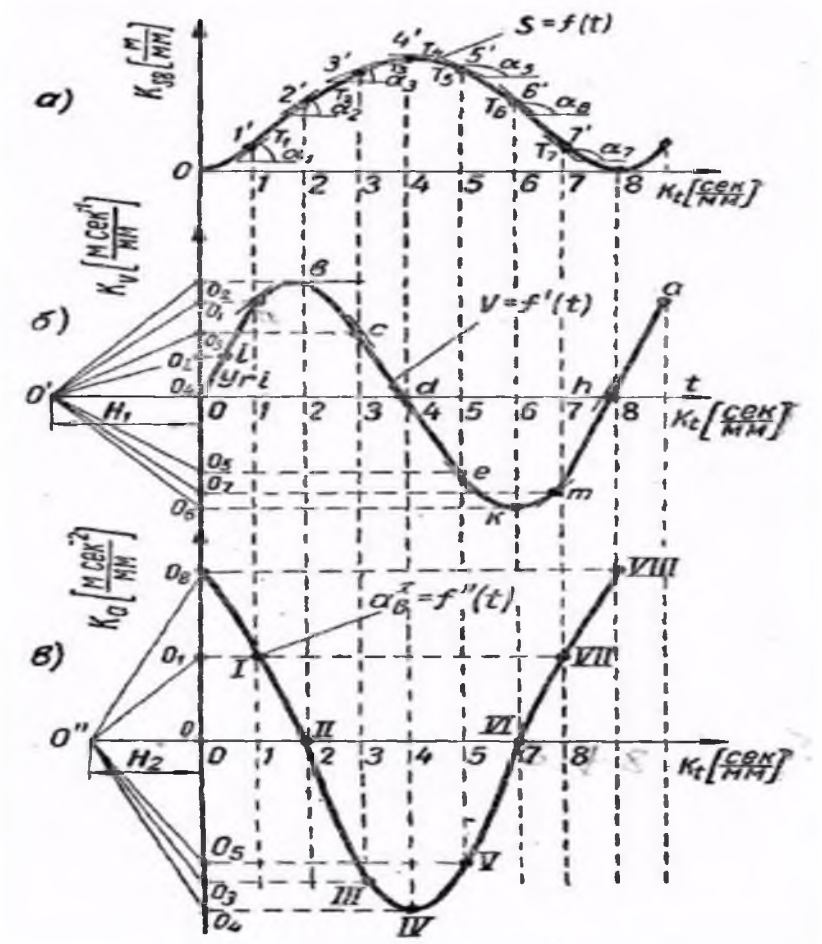
$$K_v = \frac{K_{s_B}}{K_t \cdot H_1} \left[\frac{мсек^{-1}}{мм}\right],$$

Shaklda V nuqtaning tezliklar grafigini tuzish ko‘rsatilgan. V_B –t koordinatalar sistemasiniig ordinatasidagi 0' nuqtadan gorizontal o‘tkazib, uning S_B – t grafigidagi 1' nuqtadan tushirilgan vertikal chiziq bilan kesishuv nuqtasini «a» orqali belgilaymiz. Shunday qilib, 1 - a ordinata K_V masshtabda B nuqtaning B_1 vaziyatdagi tezligini beradi.

Xuddi shu yo‘sinda davom ettirib b, c, d, e, k, m, n nuqtalarni xosil qilamiz. Bu nuktalarning ordinaltalari tegishli masshtabda B_2 , B_3 , B4 , …, B_7 nuqtalarning tezliklarini berishi formuladan ma’lumdir, ya’ni

$$v_{B_1} = K_v \cdot 1\overline{a}\,[мсек^{-1}]$$
$$v_{B_2} = K_v \cdot 2\overline{b}$$
$$v_{B_3} = K_v \cdot 3\overline{c}$$
$$v_{B_4} = K_v \cdot 4\overline{d}$$
$$v_{B_5} = K_v \cdot 5\overline{e}$$
$$v_{B_6} = K_v \cdot 6\overline{k}$$
$$v_{B_7} = K_v \cdot 7\overline{m}$$
$$v_{B_8} = 0$$

bo‘ladi



Urinmalar metodi bilan differensiallash.

a – oralik grafigi; b - tezlik grafigi ; v – tezlanishlar grafigi.

Shunday qilib, $S_B - t$ oralik grafigidan oabcdemn sinusoida ko‘rinishidagi tezliklar grafigini hosil qildik. Olingan tezliklar grafigi K_V masshtabda bo‘lib, bu masshtabning kattaligi tanlab olingan $N_1 = 00_1$ masofaga bog‘liqdir. Agar N_1 masofa kattalashsa, K_V masshtab kichiklashadi, aksincha, bu masofa kichiklashsa, K_V masshtab kattalashadi

Tezliklar grafigidan krivoship-shatunli mexanizm polzunidagi B nuqtaning istalgan vaziyati uchun tezliklarning hakiqiy kattaligini topish qiyin emas.

$V_B - t$ tezliklar grafigidan tezlanishlar grafigi quyidagi tartibda xosil kilinadi.

Buning uchun yuqorida bayon etilgan urinmalar metodi bilan $V_B - t$ grafigidan vaqtga nisbatan bir marta hosila olish (ya’ni differensiallash) kerak. Bu esa $S_B - t$ grafigidan $V_B - t$ grafigi hosil qilinganiga o‘xshashdir, bunda faqat tezliklar grafigidagi 0, a, b, s, d, ye, m, n nuqtalarga urinmalar o‘tkazib chiqish kerak bo‘ladi. So‘ngra $V_B - t$ grafigining ostiga tezlanish koordinatalar sistemasini chizamiz va abssissalar o‘qining chap tomonidan ixtiyoriy $00" = H_2$ oraliqni tanlab olamiz.

Tezlik grafigida o‘tkazilgan urinmalarga O' nuqtadan parallel chiziqlar o‘tkazamiz va bu parallel chiziqlarni ordinatalar o‘qi bilan kesishuv nuqtalari

(O_1 ,O_2 , ...) dan gorizontal chiziqlar o‘tkazib, bu gorizontal chiziqlarning grafikdagi urinma o‘tkazilgan nuqtalardan tushirilgan vertikallar chiziqlar bilan kesishuv nuqtalarini I , II , III, … lar orqali belgilab olamiz. Olingan bu nuqtalarni

tutashtirsak, kosinusoida kabi egri chiziq hosil bo‘ladi. Bu esa mexanizmdagi B nuqtaning tangensial tezlanish grafigidir, uning ordinatalarini K_a tezlanish masshtabiga ko‘paytirsak, nuqtaning tegishli vaziyatlaridagi tezlanishlari hosil bo‘lishini ko‘rish qiyin emas. Darhaqiqat:

$$a^t_{B_i} = \frac{dv_{B_i}}{dt} = \frac{K_v}{K_t} \cdot \frac{dy_{v_i}}{dx_t} = \frac{K_v}{K_t} \cdot \operatorname{tg}\alpha_i; \qquad \operatorname{tg}\alpha_i = \frac{\overline{OO_i}}{\overline{OO}} = \frac{\overline{OO_i}}{H_2}$$

$\operatorname{tg}\alpha$ qiymatini yuqoridagi tenglamaga qo‘yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$a^t_{B_i} = \frac{K_v}{K_t} \cdot \frac{\overline{OO_i}}{H_2} = K_a \cdot \overline{OO_i}$$

Tezlanishlar grafigining masshtabi quyidagicha topiladi:

$$K_a = \frac{K_v}{K_t \cdot H_2} = \frac{K_s}{K_t^2 \cdot H_1 \cdot H_2} \left[\frac{м сек^{-2}}{мм}\right]$$

Agar. $H_1 = H_2$ bo‘lsa, u holda tenglama quyidagicha yoziladi:

$$K_a = \frac{K_S}{K_t^2 \cdot H^2}$$

Tenglamadan ko‘rinib turibdiki, 00_1 ordinata biror K_a masshtabda a^t_{B1} tezlanishni bildiradi. K_a masshtabning kattaligi formuladan topiladi. Shunday qilib, S_B – t oralik grafigidan V_B – t va a_B - t tezlik va tezlanish grafiklarini hosil qildik. B nuqtaning tezlik va tezlanishlari tegishli ordinatalarni tegishli masshtablarga ko‘paytirish yo‘li bilan topiladi; ular 3-jadvalda berilgan.

3- j ad val

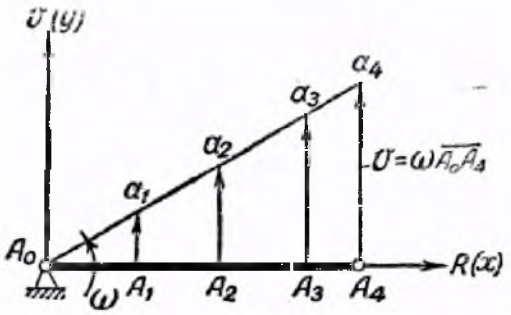
Tartib nomeri	Mexanizm krivoshipining vaziyati	B nuqtaning tezligi	B nuqtaning tezlanishi
	Krivoshipning boshlang‘ich vaziyati	$v_{B_0} = 0$	$a^t_{B_0} = K_a \cdot \overline{OO_0}$
	Krivoship 45° burildi	$v_{B_1} = K_v \cdot \overline{1a}$	$a^t_{B_1} = K_a \cdot \overline{II}$
	90°	$v_{B_2} = K_v \cdot \overline{2b}$	$a^t_{B_2} = K_a \cdot \overline{2II}$
	135° aylandi	$v_{B_3} = K_v \cdot \overline{3c}$	$a^t_{B_3} = K_a \cdot \overline{3III}$
	180°	$v_{B_4} = 0$	$a^t_{B_4} = K_a \cdot \overline{4IV}$
	225°	$v_{B_5} = K_v \cdot \overline{5e}$	$a^t_{B_5} = K_a \cdot \overline{5V}$
	270°	$v_{B_6} = K_v \cdot \overline{6k}$	$a^t_{B_6} = K_a \cdot \overline{6VI}$
	315°	$v_B = K_v \cdot \overline{7m}$	$a^t_{B_7} = K_a \cdot \overline{7VII}$
	360°	$v_{B_8} = 0$	$a^t_{B_8} = a^t_{B_0}$

9. Mexanizmlar uchun tezliklar plani

Hozirgi zamon mashina va mexanizmlari tarkibida zvenolarning uch xil tekis harakatini uchratish mumkin. Bular qo‘zg‘almas o‘q atrofidagi aylanma harakat,

to‘g‘ri chiziqli ilgarilanma - qaytar harakat va ikkala harakatni o‘z ichiga oluvchi tekis murakkab harakatdir. Aylanma harakatda bo‘lgan zvenodagi
istalgan nuqtaning chiziqli tezligi aylanish o‘qidan shu nuqtagacha bo‘lgan oraliqqa proporsionaldir. Shuni esda tutish lozimki, zvenoning aylanma harakatidagi burchak tezligi shu zvenoning istalgan nuqtasi uchun bir xil, chiziqli tezligi esa shu nuqtalar uchun turlicha bo‘ladi va koordinatalar bo-shidan o‘tuvchi to‘g‘ri chiziq qonuni bilan o‘zgaradi

Bundan buyon, aylanma harakat qiluvchi zvenoning burchak tezligi ϖ bilan burchak tezlanishi ε faqat zvenoga, chiziqli tezlik bilan chiziqli tezlanish zvenodagi nuktalarga tegishli ekanligini e’tiborga olish lozim.



A_0 atrofida aylanuvchi A_0A_4 zvenodagi ayrim nuktalarning chizikli tezligi A_0A_4 to‘g‘ri chiziq qonuni bilan o‘zgaradi.

Agar A_0A_4 zveno A_0 aylanish o‘ki atrofida o‘zgarmas ϖ burchak tezligi bilan aylansa, shu zvenodagi A_1 A_2, A_3, A_4 nuqtalar chiziqli tezliklarining matematik ifodalari quyidagicha bo‘ladi:

$$v_{A_1} = \omega \cdot \overline{A_0A_1}, \quad v_{A_2} = \omega \cdot \overline{A_0A_2}, \quad v_{A_3} = \omega \cdot \overline{A_0A_3}, \quad v_{A_4} = \omega \cdot \overline{A_0A_4}.$$

Bu tezliklar qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanuvchi nuqta tezliklari bo‘lganligidan ular absolyut tezliklar deb ataladi. Tezliklar $V_{A4} > V_{A3} > V_{A2} > V_{A1}$ tengsizlikda bo‘ladi.

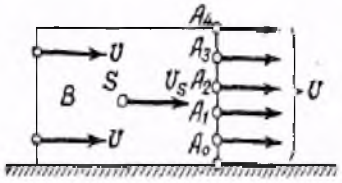
Zvenoning burchak tezligi va tezlanishi uning uchun asosiy qabul etilgan aylanish nuktasiga bog‘liq emas.

Mexankzmlar tarkibida tekis - parallel yoki tekis harakat qiluvchi zvenolar juda ko‘p uchraydi. Bunda zvenoning barcha nuqtalari qandaydir qo‘zg‘almas zvenoga nisbatan parallel harakat qiladi. Agar biz uch o‘lchovli *x, y, z* dekart sistemasi ning *x, y* tekisligidagi tekis harakatini ko‘z oldimizga keltirsak, u holda zveno harakatida uning istalgan nuqtasining faqat x abssissa va u ordinatasi o‘zgaradi, xolos. z esa o‘zgarmay qoladi. Shunday qilib, zvenoning istalgan nuqtasining harakati uning *x* va *y* o‘qlaridagi proyeksiya harakati bilan aniqlanadi. Butun zvenoning harakati esa shu zvenoning *x, y* tekisligidagi proyeksiya harakati orqali belgilanadi.

Agar A zveno qo‘zg‘almas biror tekislikka nisbatan ilgarilama harakatda bo‘lsa (yoki shu tekislik bo‘ylab harakat qilsa), u holda, A zvenodagi istalgan nuqtaning tezligi shu tekislikka parallel va bir-biriga teng bo‘ladi. Bunday zvenolar hozirgi zamon mashinalarida juda ko‘p ishlatiladi; masalan, ichki yonuv dvigatelining porsheni, randalash stanogining supporti, to‘quv stanogining mokisi va boshqalar ana shunday zvenolardir.

Ilgarilanma xarakat qiluvchi zvenoni o‘rganishda uning markazi tezligini olish kifoya, chunki zveno markazi (og‘irligi qo‘yilgan nuqta) shu zveno uchun xos nuqtadir.

Ilgarilanma harakatda bo‘lgan zvenodagi A_1, A_2, A_3 va A_4 nuqtalarning tezliklari V_{A1} ,V_{A2} ,V_{A3} , V_{A4} bir- biriga teng bo‘ladi.

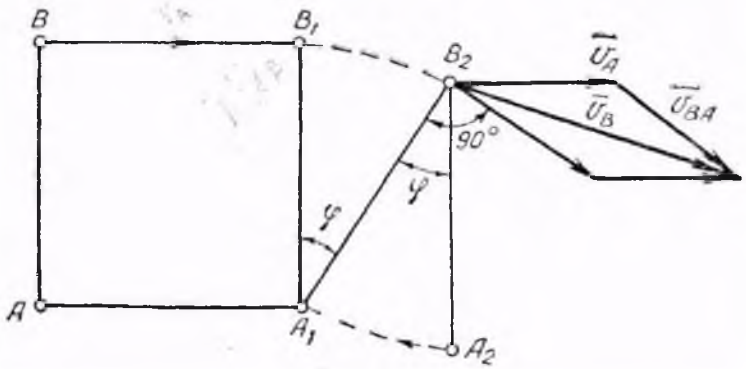


Ilgarilama harakatdagi zveno istalgan nuqtasining tezligi bir xil bo‘ladi. Har kanday tezlik vektor bo‘lib, uni ma’lum masshtabda bir necha marta kichik, katta yoki o‘ziga teng vektor kesmalar bilan ifodalash mumkin. Shunday qilib, tezlik masshtabini K_V orqali ifodalasak, uning matematik ifodasi quyidagicha bo‘ladi:

$$K_v = \frac{v_{A_i}}{Pa_i}$$

Tezliklar biror markazdan ixtiyoriy masshtab kesmada qo‘yilgan va ularning uchlarini tutashtirishdan hosil bo‘lgan shakl *tezliklar plani* deb ataladi.

Tekis harakatdagi istalgan qattiq zvenoni tekshirish uchun shu zvenodagi A va B nuqtalar harakatini tekshirish kifoya ekanligi nazariy mexanikadan ma’lum



Murakkab tekis harakat qiluvchi AB zveno B nuqtasining‘ tezligi murakkab bo‘ladi. Bunday holda zvenoning ikkala nuqtasi ham ma’lum biror tezlikka ega bo‘ladi. Harakatni o‘rganishda shu nuqtalardan istalganini nisbiy oniy *aylanish markazi* deb qarash mumkin. Biz bundan buyon nisbiy aylanish (yoki tezlik) markazi sirtida tezligi ma’lum bo‘lgan nuqtani tanlaymiz. Masalan, krivoship-shatunli mexanizmdagi shatunning A nuqtasi tezligi ma’lum bo‘lganidan, uni nisbiy *oniy aylanish markazi* deb olamiz.

Nazariy mexanika qoidasiga binoan, tekis shakl (zveno) dan tanlab olingan A va VB nuqtalarning istalganini qutb (oniy aylanish markazi) deb qarash mumkin. Dastavval AB zvenodagi A nuqta kutb bilan birga ilgarilaima harakat qilib, A_1B_1 vaziyatga keladn, so‘ngra B_1 nuqta A_1 ning atrofida φ burchakka aylanib, B_2 o‘rniga o‘tadi yoki AB zvenodagi B nuqta A nuqta bilan ilgarilanma harakat qilib, A_2B_2 vaziyatga keladi va A_2 nukta B_2 nuqta atrofida φ burchakka aylanib, A_1 vaziyatga o‘tadi. Shunday qilib, tekis harakatda bo‘lgan zvenodagi istalgan B nuqtaning absolyut tezligi (B_B) ikki tezlikning geometrik yig‘indisidan iborat bo‘ladi; bulardan biri B

nuqta A nuqta bilan ilgarilanma harakat qilgan deb faraz etilganidagi tezligidir, uni B_B vektor orqali ifodalaymiz. Ikkinchisi esa B nuqtaning A shu onda qo‘zralmas qutb deb qaralganda shu A nuqta atrofidagi aylanma tezligidir, bu nisbiy tezlikni B_{BA} vektor orqali ifodalaymiz. Yuqorida aytilganlarning vektorlar algebrasidagi ifodasi quyidagi vektor tenglama bilan yoziladi:

$$\bar{v}_B = \bar{v}_A + \bar{v}_{BA}$$

Tezliklarning ustidagi chiziqlar ularning vektor ekanligini bildiradi. Tenglamani quyidagicha yozish ham mumkin:

$$\bar{v}_A = \bar{v}_B + \bar{v}_{AB}$$

$$\bar{v}_{BA} = -\bar{v}_{AB}$$

Bu tenglikdan ma’lum bo‘lishicha, V nuqtaning A nuqta atrofida aylanishidagi tezligi va A ning B atrofida aylanishidagi tezligiga moduli bo‘yicha teng bo‘lib, faqat ular anti-parallel vektorlar ekanligi ko‘rinib turibdi. Shunday qilib, $\varpi_A \cdot AB = \varpi_B \cdot BA$, bundan $\varpi_A = \varpi_B = \varpi$ ekanligi ayondir. Tenglamani AB ga proyeksiyalasak quyidagini olamiz;

$$\text{пр}_{AB}\ \bar{v}_B = \text{пр}_{AB} v_A + \text{пр}_{AB}\ v_{BA},\qquad \text{пр}_{AB} v_{BA} = 0,$$

$$\bar{v}_{BA} \perp BA,\ \text{демак},\ \text{пр}_{AB} v_B = \text{пр}_{AB} v_A.$$

Shunday kilib, tekis harakatdagi zveno ikki nuqtasining tezliklarini shu nuqtalardan o‘tuvchi chiziqqa proyeksiyalari bir-biriga tengdir.

Agar zveno to‘g‘ri chiziqli harakatda bo‘lmasa, unda har ondagi shunday nuqta topiladiki, uning tezligi nolga teng bo‘ladi. Tezligi nol bo‘lgan mana shunday nuqta oniy aylanish markazi yoki *oniy tezliklar markazi* deb ataladi.

Absolyut va nisbiy tezliklar degan nomlar shartli bo‘lib, zvenolarning qo‘zg‘almas jismga (zvenoga) nisbatan tezligi shartli ravishda absolyut tezlik deb, qo‘zg‘aluvchan jismlarga (zvenolarga) nisbatan tezliklari esa nisbiy tezliklar deb atalgan. Haqiqatan olganda tabiatda qo‘zg‘almas jismlarning o‘zi yo‘q, biz faraz qilgan qo‘zg‘almas obyekt Yer ustida ekan, bu obyekt qo‘zg‘aluvchandir, chunki Yerning o‘z o‘qi atrofida va Quyosh atrofida aylanishi bizga ma’lum. Shuning uchun biz koinotdagi jismlarning nisbiy harakatlarinigina o‘rganamiz.

Tekislikda harakatlanuvchi barcha mexanizm yoki mashinalar tarkibida; umuman, yuqorida aytib o‘tilgan uch xil harakat qiluvchi zvenolar uchrashi mumkin. Masalan, krivoship-shatunli mexanizmni olsak, bu mexanizm tarkibidagi krivoship (yetaklovchi zveno) faqat qo‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakat, shatun tekis murakkab harakat, polzun esa (polzun ham yetaklovchi zveno bo‘la oladi) faqat ilgarilanma harakat qiladi. Agar to‘rt zvenoli mexanizmni olsak, undagi krivoship va koromislo faqat ko‘zg‘almas o‘q atrofida aylanma harakat qilib, shatun, tekis murakkab harakatda bo‘ladi.

Birinchi modifikatsiya Assur gruppasi uchun tezliklar planini tuzamiz A va C nuqtalarning (sharnirlarning) tezliklari berilgan deb faraz qilamiz. Agar bu

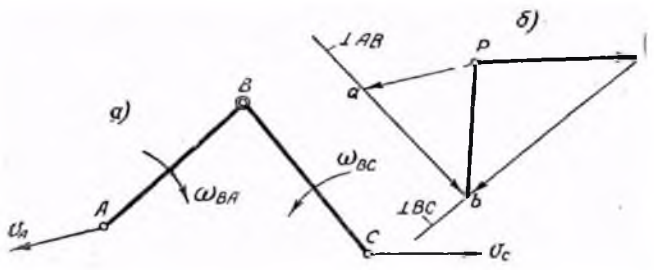
nuqtalarning tezliklarini biror K_V masshtabdagi vektor kesmalar bilan ifodalamoqchi bo‘lsak (ulardan birini ixtiyoriy ravishda tanlab olamiz) u holda, xaqiqiy tezlikni tanlab olingan kesmaga bo‘lib, tezliklar masshtabini topamiz. Shunday qilib, tezliklar masshtabi $K_V = \frac{V_A}{P_a}$ olinib, S nuqtaning tezlik kesmasn quyidagicha topiladi:

$$\overline{pc} = \frac{v_c}{K_v}[мм].$$

Demak, *pa* va *rs* kesmalar K_V masshtabda A va C nuqtalarning tezliklarini bildiradi.

V sharnirning tezligini topish kerak. Tezliklar planini tuzishdan oldin, noma’lum bo‘lgan *V* nuqta tezligini V_B deb, quyidagi vektor tenglamalarni tuzamiz:

$$\left.\begin{aligned}\bar{v}_B &= \bar{v}_A + \bar{v}_{BA}\\ \bar{v}_B &= \bar{v}_c + \bar{v}_{Bc}\end{aligned}\right|$$



II klass 1- tur gruppa (a) ning tezliklar plani (b). Ikkala nisbiy tezlik ham B nuqtaning A va Bnuqtalar atrofida V_{BA} va V_{BC} tezliklar bilan aylanishini bildiradi.

A va C nuqtalar tezliklarining K_V masshtabdagi ra va rs vektor kesmalarini «r» qutbdan B_A bilan B_C ga parallel qilib qo‘yamiz, tenglamaning birinchisiga muvofiq, B_A vektorniig uchidan (yoki ra vektor kesmasining uchidan) AB zvenyuga tik chiziq o‘tkazamiz. Tenglamaning ikkinchisiga muvofiq, B_C vektorning uchidan (yoki rs vektor kesmasining C uchidan) BC zvenoga tik chiziq o‘tkazamiz. Tezlik vektorlarining ikkala a va s uchidagi nuqtadan o‘tkazilgan tik chiziqlarning kesishuv nuqtasi b nuqtani beradi. b nuqtani r qutb bilan tutashtirib, *pb* vektor kesmasini xjsil qilamiz. Bu esa B nuqta absolyut tezlik kattaligining K_V masshtabdagi ifodasidir. Tezlikning haqiqiy qiymatini topish uchun shu kesmani tezlik masshtabiga ko‘paytirish kerak: $v_B = K_v \cdot pb$

Hosil qilingan rabsr ko‘pburchak *ABC* Assur gruppasining tezliklar plani deb ataladi. Tezliklar planidan quyidagi tezliklarni

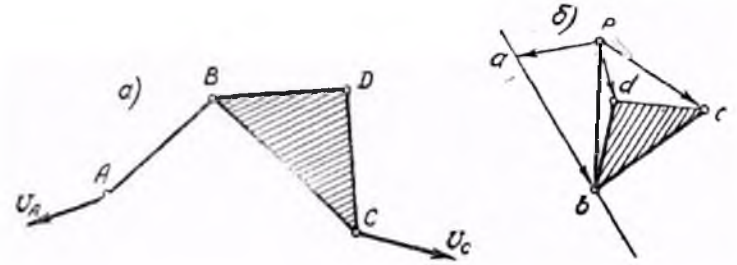
$V_B = KV \cdot$ pb - *B* nuqtaning absolyut tezligi;

$V_{BA} = KV \cdot ba$ – *B* nuqtani A nuktaga nisbatan tezligi; $V_{BC} = KV \cdot bc$ – B nuqtani C nuqtaga nisbatan tezligi.

Demak, AB va CB zvenolarning qanday burchak tezliklari bilan aylanishlarini va ularning chiziqli tezliklari yo‘nalishini aniqlash qiyin emas. Buning uchun nisbiy tezliklarni tegishli L_{AB} va L_{BC} radiuslarga (zveno uzunliklariga) bo‘lish lozim:

1. $\varpi_{BA} = \frac{V_{BA}}{l_{BA}}$ - AB zvenoning oniy burchak tezligi bo‘lib, soat strelkasi yurgan tomonga yo‘naladi;

2. $\varpi_{BC} = \frac{V_{BC}}{l_{BC}}$ - BC zvenoning oniy burchak tezligi bo‘lib, soat strelkasi yurgan tomonga teskari yo‘naladi.



II klass 1- tur gruppa (a) ning tezliklar plani (b).

Tezliklarning har qanday playida quyidagi xossalar bo‘ladi:

- tezliklar planining qutbidan o‘tuvchi vektorlar absolyut tezliklarni ifodalaydi (ra, rb, rs vektorlar);
- tezliklar planining qutbidan o‘tmaydigan vektorlar nisbiy tezliklarni ifodalaydi (ab va sb vektorlar);
- qutbda yotuvchi nuqtalarning tezliklari nolga teig bo‘ladi. Tezliklar planini aniqroq tushunib olish maqsadida bir necha masala yechamiz.

Masala. Sharnirli to‘rt zvenoli mexanizm bor Bu mexanizm CHGSP markali ipak gazlama to‘quv stanogining batanli mexanizmidir.

Mexanizm K_M = 0,01 $[\frac{м}{мм}]$ masshtabda chizilgan. Shaklda ko‘rsatilgan mexanizm uchun tezliklar plani tuzilsin. L_{OA} = 60 mm, l_{AB}= 225 mm, l_{BC}= 677 mm, krivoshipning bir minutdagi aylanish soni n = 180 ayl/min.

Yechish: avval O_1A krivoshipning (tirsakli valning) burchak tezligini topamiz:

$$\omega_2 = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 180}{30} = 6 \cdot \pi \ [сек^{-1}]$$

Krivoshipdagi A nuqtaning (sharnirning) tezligi:

$$v_A = \omega_2 \cdot l_{O_1A} = 1,13 \ [мсек^{-1}]$$

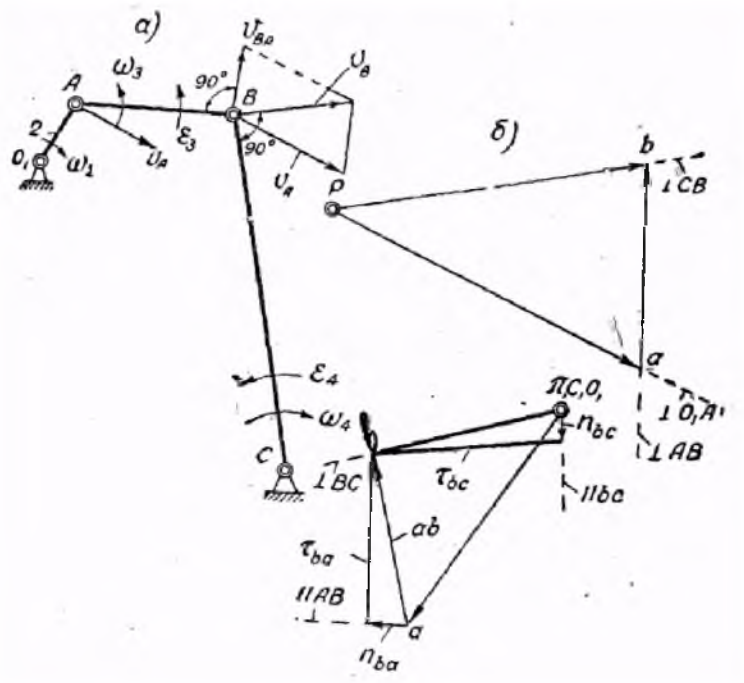
bo‘ladi. Tezlik masshtabini tanlab olamiz:

$$K_v = \frac{v_A}{Pa} = \frac{1,13}{56,5} = 0,02 \left[\frac{мсек^{-1}}{мм}\right]$$

R qutbdan ra = 56,5 mm ni O_1A ga tik qilib o‘tkazamiz. Endi, B nuqtaning tezligini topamiz, buning uchun Bnuqtaning tezligini A va C nuqtalarning tezliklari bilan bog‘laymiz:

$$\bar{v}_B = \bar{v}_A + \bar{v}_{BA}$$

$$\bar{v}_B = \bar{v}_C + \bar{v}_{BC}$$



a — ipak gazlama to‘quv stanogining batanli mexanizmi;

b — tezliklar plani; v — tezlanishlar plani. '

Birinchi tenglamaga binoan, ra vektorning a uchidan BA ga tik o‘tkazamiz, $V_C = 0$ (yoki rs = 0) bo‘lgani uchun s nuqta qutbda yotadi, shu sababli BC ga tik chiziqni qutbdan o‘tkazishga to‘g‘ri keladi. Ikkala tik chiziq b nuqtada kesishadi

$V_{CB} = K_V \cdot pb = 0{,}02 \cdot 51 = 1{,}02$ $m\ sek^{-1}$ - B nuqtaning absolyut tezligi;

$V_{BA} = K_V \cdot ab = 0{,}02 \cdot 34 = 0{,}68$ $m\ sek^{-1}$ - B nuqtaning A ga nisbatan aylanishdan hosil bo‘lgan nisbiy tezlik.

BC zvenoning (bu zveno to‘quv ishida batan deb ataladi) burchak tezligini topamiz:

$$\omega_{BC} = \omega_4 = \frac{v_{BC}}{l_{BC}} = 1{,}49\ сек^{-1}$$

AB zvenoning burchak tezligi quyidagicha bo‘ladi:

$$\omega_{BA} = \omega_3 = \frac{v_{BA}}{l_{BA}} = 3{,}02\ сек^{-1}$$

10. II klass mexanizmlar uchun tezlanishlar planini tuzish

Tezlanishlar plakini tuzishda mexanizm yetaklovchi zvenosining burchak tezligi yoki chastotasi o‘zgarmas kattalik deb qabul qilinadi:

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \text{const}$$

Yetaklovchi zvenoning burchak tezlanishi burchak tezligidan vaqtga nisbatap olingan hosilaga tengdir:

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = 0$$

Burchak tezlanishi bo‘lmagani uchun B nuqtaning tangensial tezlanishi ham bo‘lmaydi, ya’ni $a_B^t = 0$ bo‘ladi.

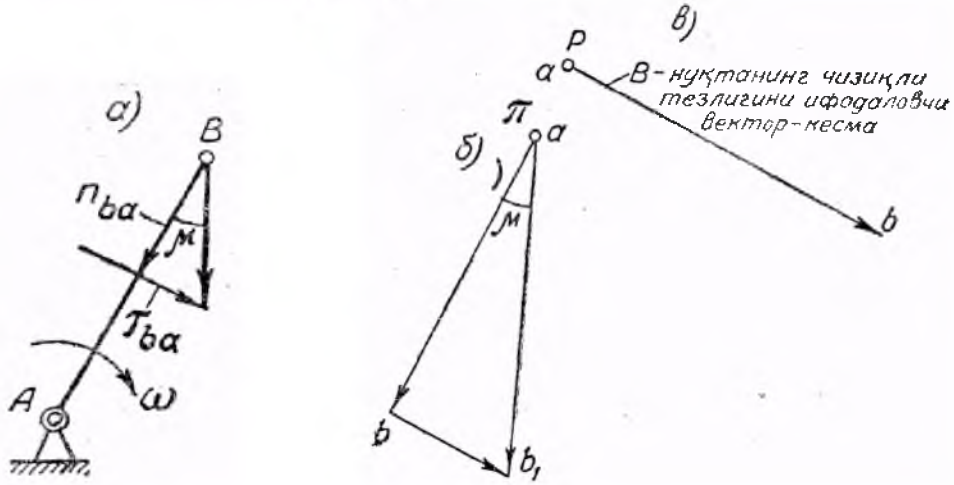
Shunday qilib, krivoship nuqtasining to‘la tezlanishi faqat normal tezlanishdan iborat bo‘lib qoladi, chunki tangensial tezlanish nolga teng:

$$\bar{a}_B = \bar{a}_B^n + \bar{a}_B^t = \bar{a}_B^n.$$

a da I klass mexanizm krivoshipining B nuqtasi faqat normal tezlanishga egadir, bu tezlanish AB ga parallel va B dan A ga tomon yo‘nalgan bo‘ladi. Bu tezlanish normal yoki markazga intiluvchi tezlanish deb ataladi

Agar zveno ma’lum burchak tezlanishi bilan soat strelkasi aylanadigan tomonga qarab aylansa, a_B^n normal tezlanishga tangensial a_B^t tezlanish ham qo‘shilib, umumiy tezlanish krivoship o‘qiga biror μ burchak ostida yo‘nalgan bo‘ladi , chunki to‘la tezlashish quyidagicha topiladi;

$$a_B = \sqrt{(a_B^n)^2 + (a_B^t)^2}; \qquad \operatorname{tg}\mu = \frac{a_B^t}{a^n} = \frac{\varepsilon}{\omega^2}$$



a - krivoship; b - B nuqtatsing normal tezlanishini ifodalovchi vektor; ye - B nuqtaning chiziqli tezligini ifodalovchi vektor.

Normal tezlanish hamma vaqt oniy, nisbiy yoki absolyut aylanish markazlariga qarab yo‘nalganligi nazarga olinsa, uning skalyar kattaligi quyidagicha bo‘ladi:

$$a_B^n = \frac{v_B^2}{l_{AB}} = \frac{(\omega \cdot l_{AB})^2}{l_{AB}} = \omega^2 \cdot l_{AB} [\text{м/сек}^{-2}]$$

Tezlanish masshtabini hosil kilish uchun shu kattalik ixtiyoriy kesmaga bo‘linadi:

$$K_a = \frac{a_B^n}{\pi b} [\text{м/сек}^{-2}/\text{мм}]$$

bu yerda: π — tezlanishlar planining qutbi;

πb - millimetr hisobida olingan ixtiyoriy kesma; K_a—tezlanish masshtabi—bu tezlanishlar planidagi kesmalarning har qaysi millimetriga to‘g‘ri keladigai tezlanish kattaligini bildiradi.

Tezlanishlar planigga ikki povodokli Assur gruppasining biriichi modifikatsiyasidan boshlaymiz. ABC ikki povodokli gruppa berilgan bo‘lsin. Gruppaning A va C nuqtalarining (sharnirlarining) tezlanishlari bizga ma’lum

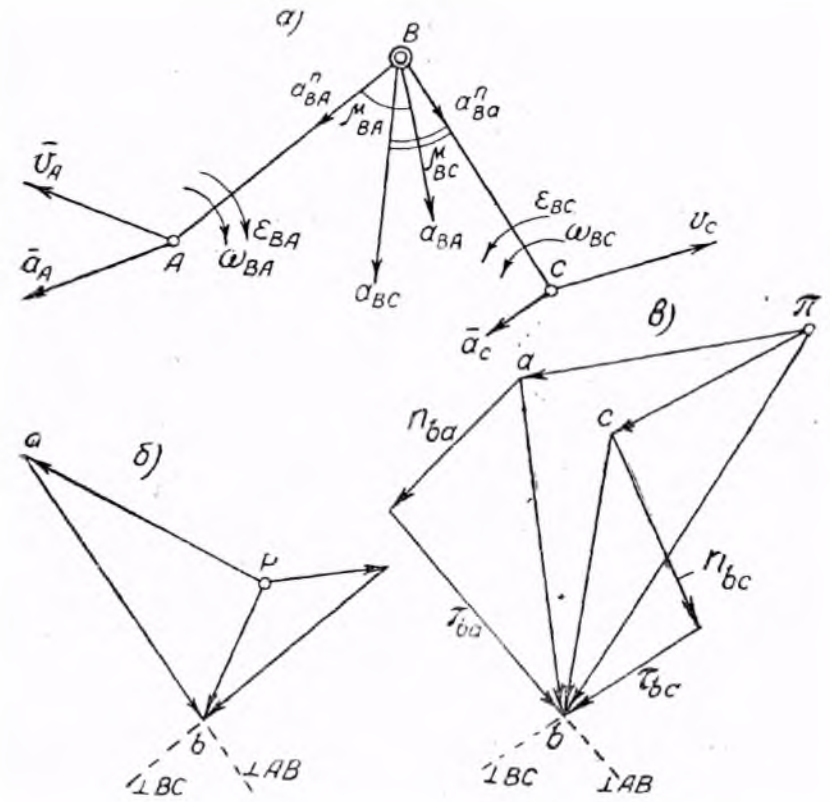
Avval K_V masshtabda tezlik planini tuzamiz

Tezliklar plani tezligi ma’lum bo‘lgan nuqtalarning tezligi bilan tezligi noma’lum bo‘lgan nuqtaning tezligini vektor tenglamalar orqali bog‘lab, so‘ngra bu tenglamalarni geometrik usulda yechish yo‘li bilan tuziladi

Tezliklar planidan tezlanishlar planiii tuzishda, ya’ni zveno iuqtalari normal tezlanishlarining skalyar qiymatlarini topish uchun foydalaniladi.

Tezliklar plani ma’lum masshtabda tuzilib, tegishli nuqtalarning tezliklari apiqlangach, tezlanishlar planini tuzishga o‘tiladi.

Sharnirning (B nuqtaning) tezlanishini topish uchun a_B ni ma’lum bo‘lgan a_A va a_C tezlanishlar bilan vektor tenglamalar orqali quyidagicha bog‘laymiz:



a — ikki povodokli Assur gruppasining 1- modifikatsiyasi (1-turi); b — tezliklar plani; v — tezlanishlar plani.

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}_{BA} = \bar{a}_A + \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^t_{BA}$$
$$\bar{a}_B = \bar{a}_C + \bar{a}_{BC} = \bar{a}_C + \bar{a}^n_{BC} + \bar{a}^t_{BC}.$$

tenglamadagi a^n_{BA} va a^n_{BC} larni tezlik vektorlar orqali topish qiyin emas:

$$a^n_{BA} = \frac{v^2_{BA}}{l_{BA}} = \frac{(K_v \cdot ba)^2}{l_{BA}}; \quad a^n_{BC} = \frac{v^2_{BC}}{l_{BC}} = \frac{(K_v \cdot bc)^2}{l_{BC}}$$

a^n_{BA} normal tezlanish B dan A ga tomon, a^n_{BC} esa B va S ga tomon yo‘nalgan bo‘ladi. Bularni vektor kesmalar bilan ifodalaymiz:

$$n_{ba} = \frac{a^n_{BA}}{K_a}\ [мм];\quad n_{bc} = \frac{a^n_{BC}}{K_a}\ [мм]$$

Tenglamaiing birinchisiga binoan, n_{ba} ni pa vektor kesma uchidan BA ga parallel qilib, B dan A ga tomon, n_{bc} ni esa π s vektor kesma uchidan BS ga parallel qilib, B dan S ga tomon yo‘naltiramiz, b ni topish uchun n_{ba} va n_{bc} normal kesmalarning uchidan shu kesmalarga tik chiziqlar o‘tkazamiz. Bu ikki tik chiziq b nuqtada kesishadi. lb kesma K_a masshtabda B nuqtaning absolyut tezlanishini beradi. t_{ba} va t_{bc} kesmalar K_a masshtabda B nuqtaning A va C atrofida aylanishidan hosil bo‘lgan tangensial tezlanishlarning haqiqiy kattaliklaridir. AB va BC zvenolarning burchak tezlanishlari tegishli tangeksial tezlanishlarni o‘z radiuslariga bo‘lish yo‘li bilan topiladsh

$$\varepsilon_{BA} = \frac{a^t_{BA}}{l_{BA}} = \frac{K_a \cdot \tau_{ba}}{l_{BA}}$$

$$\varepsilon_{BC} = \frac{a^t_{BC}}{l_{BC}} = \frac{K_a \cdot \tau_{bc}}{l_{BC}}$$

Tezlanishlarning haqiqiy kattaliklari tezlaiishlar plani dagi tegishli kesmalarni tezlanishlar masshtabiga ko‘paytirish yo‘li bilan topiladi:

$a_B = K_a \cdot \pi b$ - B nuqtaning absolyut tezlanishi;

$a^n_{BA} = K_a \cdot n_{ba}$ - B nuqtaning normal tezlanishi;

$a^t_{BA} = K_a \cdot \tau_{ba}$ - B nuqtaning tangensial tezlanishi;

$a_{BA} = K_a \cdot ab$ - B nuqtaning A atrofida aylanishdagi to‘la nisbiy tezlanishi;

$a_{BC} = K_a \cdot bc$ - B nuqtaning C atrofida aylanishdagi to‘la nisbiy tezlanishi;

$a^t_{BC} = K_a \cdot \tau_{bc}$ — B nuqtaning C atrofida aylanishdagi tangensial tezlanishi.

To‘la nisbiy tezlanishlarning zveno o‘qlariga nisbatan olishi quyidagicha topiladi:

$$\operatorname{tg}\mu_{BA} = \frac{\varepsilon_{BA}}{\omega^2_{BA}};\qquad \mu_{BA} = \operatorname{arc\,tg}\left(\frac{\varepsilon_{BA}}{\omega^2_{BA}}\right)$$

$$\operatorname{tg}\mu_{BC} = \frac{\varepsilon_{BC}}{\omega^2_{BC}};\qquad \mu_{BC} = \operatorname{arc\,tg}\left(\frac{\varepsilon_{BC}}{\omega^2_{BC}}\right)$$

Ma’lum burchak tezlanishi bilan aylanuvchi har qanday zveno nuqtasining to‘la chiziqli tezlanishi shu zveno o‘qi bilai burchak hosil qiladi. Bu burchakni yuqoridagi tengliklardan topib, uning qanday yo‘nalganini bilish qiyin emas.

Masala. Masalani ravshanroq tushunish uchun ko‘rsatilgan CHGSP markali ipak gazlama to‘quv avtomatining batanli mexanizmi uchun tezlanishlar planini tuzamiz. Mexanizm nuqtalarining tezliklari bizga ma’lum.

Yechish: 1. A nuqtaning normal tezlanishini topamiz:

$$a^n_{BA} = \frac{v^2_A}{l_{O_1A}} = \frac{(1,13)^2}{0,06} = 21,4 \ [м сек^{-2}]$$

2. Tezlanishlar masshtabini tanlab olamiz:

$$K_a = \frac{a^n_A}{\pi_a} = \frac{21,4}{42,8} = 0,5 \left[\frac{м сек^{-2}}{мм}\right]$$

3. B nuqtaning tezlanishini topish uchun, uni tezlanishlari ma'lum bo'lgan A(a^n_A =21,4 m·sek^{-2}) va S(a_C = 0) orqali vektor tenglamalar bilan bog'laymiz:

$$\overline{a}_B = \overline{a}^n_A + \overline{a}^n_{BA} + \overline{a}^t_{BA}$$
$$\overline{a}_B = \overline{a}_C + \overline{a}^n_{BC} + \overline{a}^t_{BC}.$$

$$a^n_{BA} = \frac{v^2_{BA}}{l_{BA}} = \frac{0,68^2}{0,225} = 2,05 \ [м сек^{-2}]$$

$$n_{ba} = \frac{a^n_{BA}}{K_a} = \frac{2,05}{0,5} = 4,1 \ [мм]$$

$$a^n_{BC} = \frac{v^2_{BC}}{l_{BC}} = \frac{(1,02)^2}{0,677} = 1,54 \ [м сек^{-2}]$$

$$n_{bc} = \frac{a^n_{BC}}{K_a} = 3,08 \ мм$$

πa = 42,8 mm vektor kesmani O_1A ga parallel qilib, A dan O_1_ ga tomon yo'naltiramiz. Bu K_a masshtabda A nuqtaning normal tezlanishini ifodalaydi

πa ning a uchidan AB ga parallel qilib V dan A ga tomon yo'naltirilgan πab = 4,1 mm ni qo'yamiz. Bu—K_a masshtabda B nuqtaning nisbiy harakatdagi normal tezlanishini ifodalaydi

Bu normal vektor kesmaning uchidan shu kesmaga (yoki AB ga) tik tangensial chiziq o'tkazamiz. b nuqta, albatta, shu chiziq ustida yotishi kerak Qutbdan (π yoki C nuqtalardan; a_C = 0 bo'lgani uchun C nuqta qutbda yotadi) BC ga parallel qilib, n_{bc} = 3,08 mm normal kesmani C dan S ga tomon yo'naltiramiz.

n_{bc} kesmaning uchidan shu kesmaga tik tangensial chiziq o'tkazib, uning n_{ba} ga o'tkazilgan tangensial bilan kesishuv nuqtasini b orqali belgilaymiz. Shunday kilib, hosil bo'lgan πab uchburchak tezlanishlar planidir. Tezlanishlarning haqiqiy kattaliklari tezlanishlar planidagi tegishli kesmalarni tezlashish masshtabiga ko'paytirish yo'li bilan topiladi:

a_B = $K_a \cdot \pi b$ = 0,5·30= 15 (m sek^{-2}) — A_B nuqtaning to'la tezlanishi.

a^t_{BC} = $K_a \cdot \tau_{bc}$ = 0,5·29 = 14,5 (m sek^{-2}) — B nuqtaning tangensial tezlanishi.

a^t_{BA} =$K_a \cdot \tau_{ba}$ = 0,5·28 = 14,0 (m sek^{-2}) — B nuqtaning nisbiy harakatdagi tangensial tezlanishi.

a_{BA} = K_a·ab = 0,5·30= 15 (m sek^{-2}) — B nuqtaning to‘la nisbiy tezlanishi.

AB shatunning burchak tezlanishi quyidagicha topiladi:

$$\varepsilon_3 = \frac{a^t_{BA}}{l_{BA}} = \frac{14}{0,225} = 62,0 \ [сек^{-2}]$$

BC koromisloning burchak tezlanishi mana bunday bo‘ladi:

$$\varepsilon_4 = \frac{a^t_{BC}}{l_{BC}} = \frac{14,5}{0,677} = 21,4 \ [сек^{-2}]$$

Nazorat savollar:

1. Kinematik diagrammalar yordamida mexanizmlar kinematiksini tekshirish qaysi usullarda amallarda oshiriladi?
2. Ordinatalar orttirish usuli bilan differensiallash haqida ma’lumot bering
3. Urinmalar usuli bilan differensiallash to‘g‘risida ma’lumot
4. Vatarlar yordamida differensiallash usulini izohlab bering
5. Mexanizmlar kinematikasini grafo-analitik tekshirish usulda haqida ma’lumot bering

Mexanizm va mashinalar nazariyasi fanidan

1. Mexanizmlar kinematikasining asosiy masalasi nimadan iborat?
a) Ish bo‘g‘inlarining vaziyatlarini aniklashdan
b) Nuqtalarining tezliklarini aniklashdan
v) Nuqtalarining tezlanishlarini anikdashdan
g) Ish bo‘g‘inlarining vaziyatlarini, nuqtalarining tezliklarini.tezlanishlarini va bo‘g‘inlarining burchak tezlik tezlanishlarini aniklashdan.

2. Oraliq-vaqt diogrammasining masshtabini qaysi formula bilan topiladi?
a)$K_s=S_{max}/U_{max}$ b)K_t = 60/nmz, v)K_v = Kg/Kt, g)K_a = Kv/Kt

3. Grafik dafferensiallash usullarini qaysi bandida to‘g‘ri ko‘rsatilgan?
a) Grafo-kinematika, analitik-kinematiq eksperimental-kinematiq
b) Ordinatalar orttirmasini o‘lchash. urinmalar, vatarlar.
v) Aylanma, ilgarilanama. kaytarma.
g) Grafo-kinematika, analitik-kinematiq

4.Richagli mexanizm deb qanday mexanizmga aytiladi?
a) Tarkibida richag bo‘lgan mexanizmga
b) Tarkibida koremislo bo‘lgan mexanizmga

v) Tarkibida kulisa bo‘lgan mexanizmga
g) Tarkibidagi xamma bo‘g‘inlar richaglardan iborat bo‘lgan mexanizmga

5. Yetaklovchi bo‘g‘in deb qanday bo‘g‘inga aytiladi?

a) Harakatni uzatuvchi bo‘g‘inga b) Harakat qonuni berilgan bo‘g‘inga
v) Ish bajaruvchi bo‘g‘inga g) Oraliq bo‘g‘inga

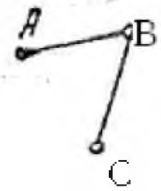
6. Berilgan mexanizmning sinfi qaysi bandida to‘g‘ri ko‘rsatilgan?

a) 2-sinf mexanizm b) 1-sinf 1- tartibli mexanizma
v) 3-sinf mexanizm g) Mexanizm emas

7.Mexanizmning sinfi kanday aniqlanadi?

a) Mexanizm tarkibiga kiruvchi bo‘g‘inlar eng katta sinfi bilan
b) Mexanizm bo‘g‘inlarining soni bilan
v) Mexanizm kinematik juftlarining soni Bilan
g) Mexanizm tarkibiga kiruvchi eng katta sinf bo‘lgan gurux bilan

8.Tuzilish guruhining sinfi qaysi bandida to‘g‘ri ko‘rsatilgan?



a) **1** sinf 2 tartibli b) 2 sinf 2 tartibli
v) 3 sinf 2 tartib g) 2 sinf 1 tartibli

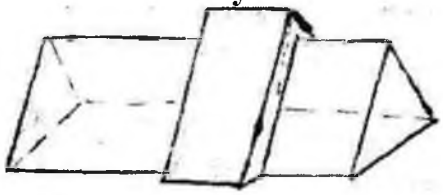
9.Assur guruxlarining qo‘zg‘aluvchanlik darajasi (W) kanday songa teng?

a) W=0 b) W = 2 v) W= 1 g) W=3

10.Tezlik masshtabi kaysi formula yordamida topiladi?

a) Kv = Ks/Kt b) $K_s = S_{max}/y_{max}$ v)$K_v = V_a/P_a$ g)$K_a = K_v/K_t$

11.Birikma kaysi kinematik juft sinfiga tegishli?



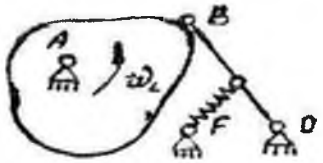
a) II sinf kinematik juuft b) III sinf kinematik juft
v) IV sinf kinematik juft g) V sinf kinematik juft

12.Mexanizm deb nimaga aytiladi?

a) Bir kancha mexanik kismlarning birikishidan tashkil topgan va foydali ish bajaradiganga.
b) Ma’lum tartibda harakat kilish yoki harakatni uzatishga
v) Foydali ish bajaruvchi mashinasining asosiy kismi ish bajaruvchi mexanizm bo‘lib, u harakatni mashina dvigatelidan yoki boshka biror manbadan oralik o‘zatish mexanizmga.

g)Qismlari ma’lum tartibda bo‘lgan, tartibli harakat qiladigan va harakatni qonunlarni o‘zgartirib uzatuvchi suniy qurilmaga.

13.Sxemada ko‘rsatilgan chizma qaysi mexanizm turiga kiradi?



a) Richagli mexanizm
b) Friksion mexanizm
v) Kulachokli mexanizmga
g) Egiluvchi bo‘g‘inli mexanizmga

14.Krivoship deb nimaga aytiladi?

a) Qo‘zg‘almas bo‘gin atrofida 360 gradusga burila oladigan qo‘zg‘aluvchan bo‘g‘inga
b) Qo‘zg‘almas bo‘g‘in atrofida 360 ga burilsa olmaydigan bo‘g‘inga
v)Aylanma harakat kiluvchi bo‘g‘inlar bilan sharnirli birikkan bo‘g‘inga.
g)To‘g‘ri javob yo‘q.

15.Ikki bo‘g‘indan tuzilgan richagli mexanizmning qo‘zg‘aluvchanlik darajasi topilsin.

a) W=1, b) W = 0 v) W=2 g)W=3

16. Bo‘g‘in deb nimaga aytiladi?

a) 1ta detal yoki bir nechta detalning mustaqil birikmasiga
b) 2 bo‘g‘inning biri 2chisiga nisbatan harakat qila oladigan birikmasiga
v) 1ta yoki bir necha detallarning birikishidan hosil bo‘lgan birikmaga
g) Bir yoki bir necha detallarning bikr qilib birikishidan hosil bo‘lgan sistemaga.

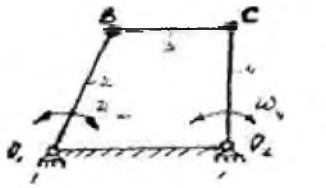
17.Kinematik zanjir deb nimaga aytiladi?

a) Kinematik juft tashkil qilib birikkan bir nechta qo‘zg‘aluvchan bo‘g‘inlar sistemasiga.
b) 1ta detal yoki bir nechta detalning mustahkam birikmasiga
v) 2 bo‘g‘inning biri 2chisiga nisbatan harakat qila oladigan birikmasiga.
g) Kinematik juft hosil qilib birikkan bo‘g‘inlar sistemasiga.

18.Qaysi sinf kinematik juftga tegishli?

a)IV sinf kinematik juft
b)V sinf kinematik juft
v) III sinf kinematik juft
g)VI sinf kinematik juft

19.Sxemada qaysi mexanizm tasvirlangan?



a) 4 bo‘g‘inli sharnirli mexanizmga
b) 4 bo‘g‘inli kulisoli mexanizmga
v) 2 koromisloli 4 bo‘g‘inli sharnirli mexanizm
g)2 krivoshipli 4 bo‘g‘inli sharnirli mexanizm

20.Mashina deb nimaga aytiladi?

a) Bir qancha mexanik qismlarning birikishidan tashkil topgan va foydali ish bajaradigan mexanizmlar gruxiga.
b)Ma’lum tartibda harakat qilish yoki harakatni uzatishga.
v) Foydali ish bajaruvchi mashinaning asosiy qismi ish bajaruvchi mexanizm bo‘lib, u harakatni mashina dvigatelidan yoki boshqa biror manbadan oladigan oralik uzatish mexanizmiga.
g)Tabiatni o‘rganishda, undan foydalanishda insonning jismoniy, aqliy mehnatini onsonlashtiruvchi ish unumdorligini oshiriuvchi hamda insonning ba’zi bir fiziologik funksiyalarnini bajaruvchi suniy qurilmaga.

21. Qo‘zgaluvchanlik darajasi deb nimaga aytiladi?

a) Mexanizm bo‘g‘inlarini ma’lum qonuniyat bilan harakatga keltiruvchi yetaklovchi bo‘g‘inlarning talab etitlgan soniga mexanizmni
b)Kinematik juft tashkil qilib birikkan, qo‘zg‘aluvchan bo‘g‘inlar guruxiga
v) 2 bo‘g‘in bir-biri bilan nuqta yoki chiziq buyicha urinib kinematik juft tashkil qilsa
g)To‘g‘ri javob yo‘q.

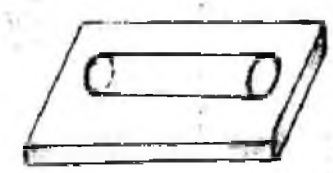
22.Chebishevning tekis mexanizm uchun formulasini ko‘rsating?

a) W = 3n-2p5-lp4 =0
b) W = 6n-5p, 4p4-3p3-2p2-lpi
v) W = 6-S
g) To‘g‘ri javob yo‘q

23. Koromislo dab nimaga aytiladi?,

a) Qo‘zg‘almas bo‘g‘in atrofida 360 ga burila oladigan qo‘zg‘aluvchan bo‘g‘inga
b) Qo‘zg‘almas bo‘g‘in atrofida 360 ga burila olmaydigan bo‘g‘inga
v) Aylanma harakat qiluvchi bo‘g‘inlar bilan sharnirli birikkan bo‘g‘inga
g) Tekis parallel harakat qila oladigan bo‘g‘inga.

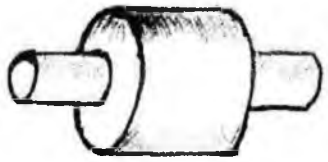
24.Qaysi sinf kinematik juftga tegishli?



a) IV sinf kinematik juft
b) II sinf kinematik juft

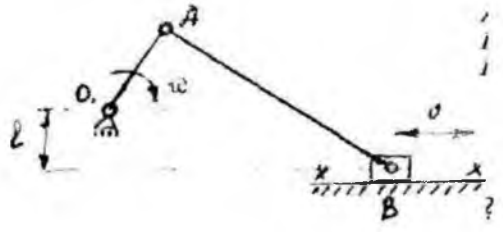
v) III sinf kinematik juft
g) V sinf kinematik juft

25. Qaysi sinf kinematik juft tashkil qiladi?



a) IV sinf kinematik juft
b) II sinf kinematik juft
v) III sinf kinematik juft
g) V sinf kinematik juft

26.Kinematik sxemada ko‘rsatilgan mexanizm qanday nomlanadi.



a) 4bo‘g‘inli mexanizm
b) 4 bo‘g‘inli sharnirli mexanizm
v) 4 bo‘g‘inli krivoship polzunli dezaksial mexanizm.
g) 4 bo‘g‘inli kulisoli mexanizm

27. **Uzatmaning vazifasi nimadan iborat?**

a)Tishli ilashishda yetakchi va yetaklanuvchi g‘ildiraklar qarama-qarshi tomonga aylanadigan mexanizmga
b) 1 ta g‘ildirakning tishlari tashqi sirtida ilashib harakatlansa, yetakchi va yetaklanuvchi g‘ildiraklar bir tomonga aylanadigan mexanizm
v) Tishli g‘ildiraklardan birining o‘lchamlari juda katta bo‘lgani holda g‘ildirak aylanasi to‘g‘ri chizikda yaqin bo‘lsa, bunday birikmali mexanizmga aylanma harakat manbaidan (yetaklovchi val) qabul qiluvchiga (yetaklanuvchi val) uzatish
g) Energiya manbaidan energiyani qabul qilib oluvchi istemolchiga uzatadigan oraliq qurilmaga

28. Reykali mexanizm deb nimaga aytiladi?

a) Tishli ilashishda yetakchi va yetaklanuvchi g‘ildiraklar qarama-qarshi tomonga aylanadigan mexanizmga
b) 1 ta g‘ildirakning tishlari tashqi sirtida ilashib harakatlansa, yetakchi va yetaklanuvchi g‘ildiraklar bir tomonga aylanadigan mexanizm
v) Tishli g‘ildiraklardan biri aylanma harakat qilgan holda ikkinchisi to‘g‘ri chiziqli harakat qilsa
g) Aylanma harakat manbaidan (yetaklovchi val) qabul qiluvchiga (yetaklanuvchi val) uzatish

29.Uzatish soni deb nimaga aytiladi?

a) Boshlang‘ich aylana yoyida o‘lchanadigan 2 ta qo‘shni tishdagi o‘xshash nuqtalari

orasidagi masofa
b) Modulning tishlari soniga kupaytmasiga
v) Yetaklovchi val burchak tezligining yetaklanuvchi val burchak tezligini nisbatiga
g) Birgalikda ishlayotgan 2 ta tishli gildirak to‘g‘ri tishlashish uchun ularning qadamlari bir xil bulishi shartiga

30.Sxemada qanday mexanizmning ko‘rsatilgan?

a)Turtkichi o‘tkir uchli dezaksial kulochokli
b) Turtkich: o‘tkir uchli aksial kulochokli
v) Turkichi o‘tkir uchli aksial tekis kulochokli mexanizm analizi
g) Turtkichli rolikli tebranma harakat qiladigan tekis kulochokli mexanizm

31.Mexanizm va mashinalar nazariyasining asosiy bo‘limlari qaysi bandida ko‘rsatilgan.

a) Mexanizmlar tuzilishini taxlili, mexanizmlar klassifikatsiyasi, mexanizmlar kinematikasi, mexanizm va mashinalar dinamikasi
b) Mexanizmlarning mustahkamligi, dinamikasi, kinematikasi
v) Mexanizmlarning sintezi va klasifikatsiyasi
g) Mexanizmlarning kinematikasi va sintezi

32 .Tekis mexanizmlarning qo‘zg‘aluvchanlik darajasini aniqlash formulasini ko‘rsating.

a) $W = 3n - 2P_5 - 1P_4$ **b)** $W = 3n - 4P_4 - 3P_3$

v) $W = 6n - 5P_5 - 4P_4 - 3P_3 - 2P_2 - 1P_1$ **g)** $W = 3n - 2P_5$

33. Bo‘g‘in tushunchasining to‘g‘ri tasdig‘ini ko‘rsating.

a) Bo‘g‘in doimo bitta detaldan iborat;
b) Bo‘g‘in bir necha erkin harakat qiluvchi bo‘g‘inlardan iborat;
v) Bo‘g‘in bir necha maxkamlangan detallardan iborat;
g) Bo‘g‘in doimo o‘zaro harkatlanuvchan uchta detallardan iborat;

34. Quyi kinematik juftda qanday elementlar bo‘ladi?

a) Nuqtalar; b) To‘g‘ri chiziqlar; v) Egri chiziqlar;
g) Yuzalar va tekisliklar;

35. Chebishevni tuzilish formulasi yordamida qanday mexanizmning qo‘zg‘aluvchanlik darajasi aniqlanadi.

a) Tekis mexanizmlarni b) Fazoviy mexanizmlarni;
v) Malipulyatorlarni g)To‘g‘ri javob yo‘q

Mexanizm va mashinalar nazariyasi fanidan asosiy tushunchalar

Mashina – foydali ish bajarish yoki energiyani o‘zgartirish jarayoni bilan bog‘lik bo‘lgan mexanizm yoki mexanizmlar majmui.
Detal – mashina va mexanizmlarni tashkil qiluvchi ayrim elementlar
Zveno – bir butun bo‘lib harakat qiladigan
Qo‘zg‘almas zveno – qo‘zg‘almas detallar birikmasi
Kinematik juft – ikki zvenoningbiri ikkinchisi nisbatan harak4at qiladigan birikmasi
Shartli belgi – zvenolarning o‘lchamsiz keltirilgan oddiy sxemasi
Kinematik zanjir –kinematik juft tashkil qilib birikkan qo‘zg‘aluvchi zvenolar gruppasi
Yetakchi zveno – mexanizmni harakatga keltiruvchi zveno
Yetaklanuvchi zveno – harakatni qabul qiluvchi zveno
Mexanizm- yetakchi zveno yopiq kinematik zanjir tarkibiga kiruvchi biror qo‘zg‘almas zvenoga nisbatan muayyan tartibda harakatlangan vaqtda zanjirning yetaklanuvchi zvenolari ham ma’lum tartibda harakat qilishi.
Tekis mexanizm – mexanizm tarkibidagi zvenolarning biror tekislikda yoki parallel tekisliklarda hakatlanishi
Qo‘zg‘aluvchan darajasi - mexanizm zvenolarini ma’lum qonuniyat bilan haraktga keltiruvchi yetakchi zvenolarning talab etilgan soni.
Passiv zveno – mexanizmdan olib tashlanganda, mexanizm kinematikasini o‘zgartirmaydi.
Richagli mexanizm – tarkibida richag (stoyka va richag) bo‘lgan mexanizm
To‘rt zvenoli – sharnirli mexanizm – qo‘zg‘almas zveno atrofida aylanuvchi 2 ta richag va shatundan tashkil topgan mexanizm
Krivoship – qo‘zg‘almas zveno atrofida 360^0 ga burilib aylana oladi.
Koromislo – qo‘zg‘almas zveno atrfida 360^0 ga aylana olmaydi.
Shatun - tebranma harakat. Aylanma harakat qiluvchi zvenolar bilan sharnirli birikkan zveno
Krivoship polzunli mexanizm – to‘rt zvenoli sharnirli mexanizmda koromislo polzun bilan almashtirilgan
Polzun – sirpanma harakat qiluvchi zveno
Aksial – polzunning harakt yo‘nalishi krivoshipi aylanish o‘qidan o‘tadi.
Dezaksial – krivoship aylanish o‘qi polzun harakat chizig‘ida yotmaydi.
Kulisali mexanizm – to‘rt zvenoli mexanizm polzuni qo‘zg‘aluvchi zvenoga nisbatan harakat qiladi.
Kulisa – tebranma, aylanma yoki to‘g‘ri chiziqli harakt qilib, polzun uchun yo‘naltiruvchi
Friksion mexanizm – ishqalanish kuchlari ta’sirida harakat qiladi.
Egiluvchan zvenoli mexanizmlar – tarkibida egiluvchan zvenosi bo‘lgan mexanizm
Gidravlik va pnevmatik mexanizm – tarkibida suyuqlik yoki havodan foydalanish mumkin bo‘lgan mexanizmlar.
Elektrik jihozli mexanizm – tarkibida elektri jihozli mexanizm bo‘ladi.
Kulachokli mexnizm – tarkibida oliy kinematik juft tashkil qiluvchi kulachok bo‘lgan mexanizm.

Kulachok – murakkab profelli zveno
Tishli mexanizm – yetakchi va yetaklanuvchi g‘ildiraklar tashlarini ilashishiga asoslangan.
Epitsiklik mexanizmlar – tarkibida qo‘zg‘aluvchan o‘qli tishli g‘ildiragi bo‘ldi.
Mehanizm kinematikasi – zvenolarning holat, tezligi va tezlanishini aniqlash.
Grafokinematik usul – zveno nuqtasining o‘tgan yo‘li,tezligi va tezlanishini, vaqtga nisbatan grafik usulda tekshirish.
Grafoanalitik kinematik usul –tezlik va tezlanish plani asosida tekshirish
Analitik kinematik usul – matematik formula asosida tekshirish
Eksperimental kinematik usul – maxsus priborlar (datchiklar) yordamida tekshirish.
Tezliklar plani – qutb deb olingan biror R nuqtadan ketma-ket ma’lum masshtabda qo‘yilishdan hosil bo‘lgan yopiq ko‘pburchak
Mashina agregeti – mashina harakatini harakatga keltiruvchi mexanizmdan texnolgik jarayonni boshqaruvchi mexanizmga uzatish sxemasi
Inersiya kuchi – tezlanish bilan harakatlanuvchi zvenoning harakatlantiruvchi zvenoga ko‘rsatgan qo‘shimcha ta’sir kuchi
To‘g‘ri chiziqli harakat – harakatdagi zvenoning hamma nuqtalari bir xil trayektoriya bo‘yicha harakat qilishi
Kinetostatik usul – zvenolarga ta’sir qilayotgan hamma kuchlarga zvenolar harakatidan hosil bo‘lgan inersiya kuchlarni qo‘shish.

3 – qism

Mashina detallari

I bob. Mashina detallarini hisoblash va loyihalashga doir umumiy ma'lumotlar

1. Mashina detallari fanining maqsadi.

Mashina detallari fani barcha turdagi mashinalar uchun umumiy bo'lmish detal (bolt, gayka, tishli gildirak va boshqalar) va uzellarni hisoblash va loyihalash asoslarshsh o'rgatuvchi fandir.

Mashina — detal va uzellar yig'indisidan iborat bo'lib, muayyan ishni bajarish uchun mo'ljallangandir.

Detal' — mashinaning bir xil materialdan tayyorlangan va alohida bo'laklarga ajralmaydigan qismi. Masalan, bolt, gayka, val, shkiv, tishli g'ildirak va boshqalar.

Uzel - mashinada ma'lum bir vazifani bajarish uchun mo'ljallangan va bir necha detaldan tashkil topgan yig'uv birligi. Masalan, podshipnik, mufta, reduktor va boshkalar.

Uzatma – mashinaning ishchi organiga dvigateldan quvvat uzatadigan va ularning aylanishlar chastotasini muvofiqlashtiradigan moslama.

2. Mashina detallari va uzellariga quyiladigan asosiy talablar

Ishlash qobiliyati – mashina , uzel va detallarning parametrlarini texnik va meyeriy xujjatlarda keltirilgan parametrlariga muvofiqligini belgilovchi ko'rsatkich. Masalan, mashina dvigateli zarur bo'lgan quvvatni sodir qilmasa yoki reduktor ish jarayonida qizib ketsa, bu hollarda mashina ishlash qobiliyatini yo'qotgan hisoblanadi.

Umrboqiylik – belgilangan vaqt ichida mashina va mexanizmlar ishlash qobiliyatini yo'qotmaslik, texnik imkoniyati (resurs) yetarli darajada bo'lishi. Shu vaqt ichida qismlarda texnik xizmat yoki ta'mirlash ishlari olib boriladi.

Ishonchlilik – texnik vositalarining belgilangan muddat ichida to'xtab qolmasdan ishlash ehtimolligi. Buzilish (otkaz) – ishlash qobiliyatini yo'qotish.

Ta'mirlashga yaroqlilik – texnik vositalar yordamida mashinalardagi buzilishlarni aniqlash va ularni ta'mirlash mumkinligi.

Texnologik qulaylik – detal qismlarining ishlab chiqarishni osonligi, iktisodiy samaradorligi va texnik taraqqiyotning yutuqlariga mos kelishiligi.

Tejamlilik - maxsulotlar (detal uzel va boshkalar)ni ishlab chiqarishda va ularni ekspluatatsiya qilishda moddiy va ma'naviy resurslardan qanday darajada foydalanilganini belgilaydi.

Masalan, ikkita bir xil xarakteristikaga ega bo'lgan mashinaning, ishlash qobiliyati, ishonchliligi, ta'mirlashga yaroqliligi teng bo'lsa, bularning ichidan, arzon materialdan tayyorlangani, ishlab chiqarilishi va undan foydalanish oddiy bo'lgan mashina tejamli deb topiladi.

3.Mashina detallarining ishlash qobiliyatini belgilovchi mezonlar

Shunday mezonlarga mustahkamlik, bikrlik, yeyilishga chidamlilik, issiqbardoshlik va titrashga chidamlilik kiradi.

Mustahkamlik – detalning qo‘yilgan yuklanishga bardosh berib ish jarayonida sinmay va benuqson ishlay olish xususiyati. Statik mustahkamlik va toliqishga qarshilik xususiyatlarini yo‘qotishi detallarni sinishga olib keladi.

Statik mustahkamlik sharti:

$$\sigma < \sigma_B,$$

bu yerda: σ – detaldagi kuchlanishlar;

σ_v – detal materialining mustahkamlik chegarasi.

Ish jarayonida detalga ta’sir qilayotgan yuklamaning qiymati va yo‘nalishi o‘zgarib tursa, vaqt o‘tishi bilan toliqishga qarshilik xususiyati yo‘qolib, detalni sinishiga olib keladi.

Bikrlik – yuklama ta’sirida deformatsiyaga qarshilik ko‘rsatish qobiliyati. Bikrlikning quyidagi hollarini uchratish mumkin: statik yuklanishga bikrlik va titrashga bikrlik, ya’ni yuklanish xarakteri o‘zgarganda va mashina qismlarida titrash jarayoni natijasida mavjud bo‘ladigan deformatsiyaga qarshilik ko‘rsatish qobiliyati.

Yeyilishga chidamlilik – yeyilishga qarshilik ko‘rsatish qobiliyati. Yeyilish – detallarning o‘zaro ishqalanish tufayli sodir bo‘ladigan jarayon bo‘lib, buning natijasida detallar o‘z o‘lchamlarini asta-sekin o‘zgartiradi. Ishqalanish – bu shak-shubhasiz yuz beradigan shunday jarayonki, mashina detallarini zamonaviy moylash sistemasini ishlatishdan qathiy nazar, hamma turdagi mashinalarda hosil bo‘ladi.

Issiqbardoshlik – belgilangan tartibda qism va detallarning ishlash qobiliyati. Issiqlikning oshib ketishi quyidagi salbiy oqibatlarga olib kelishi mumkin:

- mustahkamlikni kamaytiradi va oquvchanlik paydo bo‘ladi. - moylanish tartibining buzilishi natijasida yeyilish darajasi tezlashadi. Moyning zichlik darajasi kamayib, o‘zaro ishqalanuvchi yuzalarda kontakt kuchlanish hosil bo‘ladi, natijada detallar ishlash qobiliyatini yo‘qota boshlaydi.
- kinematik juftlardagi tirqishning ko‘payib yoki kamayib ketishi zarblar yoki ishqalanishning kattalashishiga olib keladi.
- issiqlikdan hosil bo‘lgan kuchlanish ruxsat etilgan qiymatdan oshib ketishi mumkin.

Titrashga chidamlilik – mashina qismlarini belgilangan tezlikda, mashina qismlarida hosil bo‘ladigan titrashlar, mashina elementlarining ish jarayoniga ta’sir qilish darajasi.

Ma’lumki, har qanday mashina qismlari ish jarayonida tebranishni hosil kilish manbai hisoblanadi, ya’ni har qanday mashinaning harakati tebranishlarni keltirib chiqaradi. Bunday holat detallar va ularning birikmalarini loyihalashda hisobga olinadi. Bunga uchuvchi apparatlar yaqqol misol bo‘la oladi, qaysiki alyuminiydan tayyorlangan korpusni va uni qoplovchi detallar ajralmas birikmalar yordamida bajarilib, payvand usulida emas, balki parchin mix birikmasi ishlatilgan. Tebranish vaqtida hosil bo‘lgan mayda yoriqchalar payvand alyuminiyli chokda tez rivojlanib

butun chok uzunligi bo‘yicha tarqalishi mumkin. Parchin mixli birikma ishonchli ishlaydi, chunki chokda hosil bo‘lgan mayda yoriqchalar faqat parchin mix atrofidagi chokda bo‘ladi, ya’ni chokning butun uzunligiga ta’sir qilmaydi, natijada konstruksiyaning ishlash qobiliyati saqlab qolinadi.

Nazorat savollari:

1. Mashina detallari fanining maqsad , vazifalari nimadan iborat?
2. Mashina, detal va uzel tushunchalariga ta’rif bering
3. Ishlash qobiliyati deganda nima tushuniladi?
4. Umrboqiylik nima?
5. Ishonchlilik tushunchasini ta’riflang.
6. Ta’mirlashga yaroqlilik tushunchasini izohlang.
7. Texnologik qulaylik tushunchasiga ta’riflang
8. Mustahkamlik , bikrlik, yeyilishga chidamlilik, issiqbardoshlik va titrashga chidamlilik mezonlariga izoh bering.

II bob. Mexanik uzatmalar

1. Mexanik uzatmalar haqida ma’lumot

Energiya manbai bulgan mashinaning ish bajaruvchi qismi oralig‘ida joylashib, ularni o‘zaro bog‘lovchi hamda harakatni talab qilingandek boshqarishga imkon beruvchi mexanizmlar *uzatmalar* deb ataladi.

Mashinasozlikda mexanik, elektrik, pnevmatik va gidravlik uzatmalardan foydalaniladi. Mashina detallari kursida esa faqat mexanik uzatmalar o‘rganiladi.

Uzatmalarning energiya manbai bilan ish bajaruvchi qismi o‘rtasida joylaishshining asosiy sabablari quyidagilardan iborat:

1. Elektr dvigatel vallarining aylanishlar chastotasini ishchi vallarning aylanishlar chastotasiga nisbatan kattaligi;

Burovchi moment qiymatlarini uzatma vallarining aylanishlar chastotasi hisobiga o‘zgartirish mumkinligi;

Elektro dvigatel validagi aylanma harakatni ilgarilama, tebranma va boshqa harakatlarga aylantirish.

Harakatni bir valdan bir necha valga uzatuvchi mexanik uzatmalar ikki turga bo‘linadilar:

Ishqalanish hisobiga ishlaydigan uzatmalar (friksion, tasmali, vintli);

Ilashish hisobiga ipshaydigan uzatmalar (tishli, chervyakli, zanjirli).

Uzatma vallari yetaklovchi va yetaklanuvchi vallarga bo‘linadi, bu vallarni bir—biridan ajratish uchun indekslar qabul qilingan. Masalan, «1» indeks yetaklovchi valga, «2» indeks yetaklanuvchi valga taalluqli.

2. Friksion uzatmalar.

Uzatmada harakat bir valdan ikkinchi valga ish yuzalaridagi siqish kuchi natijasida hosil bo‘lgan ishqalanish kuchi hisobiga o‘tkazilsa, bunday uzatmalar ***friksion uzatmalar*** deb ataladi.

Rasmda ko‘rsatilgan friksion uzatma yordamida parallel vallardagi harakatni uzatishda foydalaniladi. Agar o‘zaro kesishuvchi vallarning biridan ikkinchisiga harakat uzatish lozim bo‘lsa, u holda, konussimon g‘ildiraklardan foydalaniladi.

Friksion uzatmalarning ***afzalliklari***: tuzilishi oddiy, xarakat bir tekisda shovqinsiz uzatiladi; ishlash jarayonida uzatish sonini ma’lum chegarada uzgartirish mumkin; yuklanish chegaradan oshsa, ish yuzasida sirpanish hosil bulib, gildiraklarni sinishdan saqlaydi.

Uzatish sonining uzgaruvchanligi; uzatiladigan quvvatning nisbatan kichikligi 10 — 20 kVt., tayanchlarga tushadigan kuch qiymatining kattaligi; FIKning nisbatan kamligi η = 0,7 - 0,95; ish bajaruvchi detallarning ish yuzalarini tez va notekis yeyilishi mazkur uzatmalarning ***kamchiligi*** hisoblanadi. Uzatmaning tezligi 7 — 10 m/s dan oshmasligi kerak.

Uzatish soni o‘zgarmas bulgan friksion uzatmalar asosan tekis va ravon, shovqinsiz ishlashni talab qiladigan kinematik uzatma kuproq ishlatiladi. Yuqorida qayd etilgan kamchiliklari, xamda tashqi ulchamlarining kattaligi tufayli mashinasozlikda quvvat uzatish uchun friksion uzatmalar tishli uzatmalarga nisbatan kam ishlatiladi.

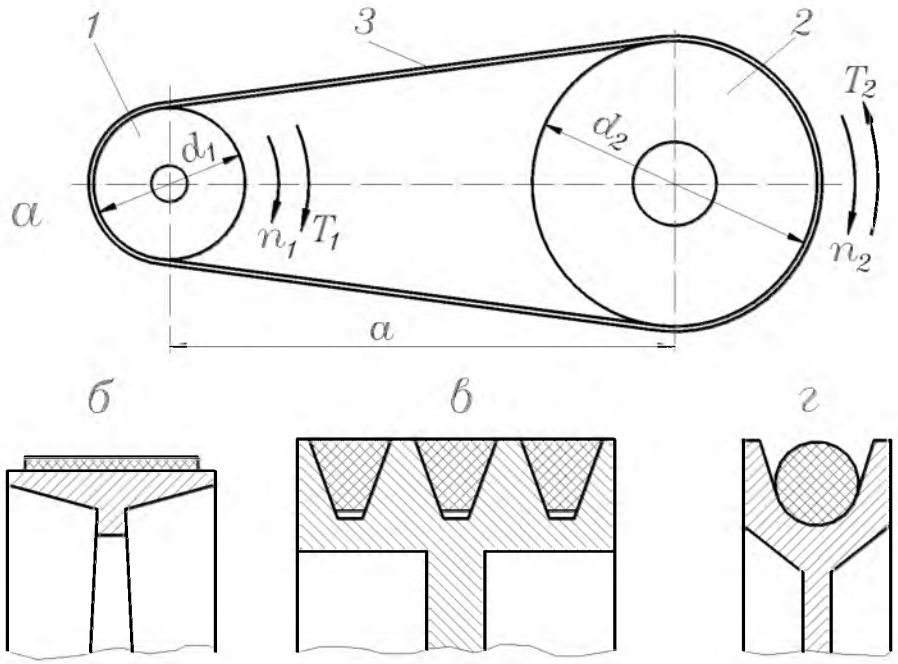
Nazorat savolari:

1. Uzatma deb nimaga aytiladi?
2. Uzatmalarning asosiy xarakteristikasi nimadan iborat?
3. Mashinasozlikda qanday turdagi uzatmalar ishlatiladi?
4. Friksion uzatmaga ta’rif bering
5. Friksion uzatmaning afzalligi va kamchiligini ayting?

3. Tasmali uzatmalar

Tasmali uzatma yetakchi va yetaklanuvchi shkiv hamda ularga ma’lum taranglik bilan kigizilgan tasmadan iborat.

Tasmali uzatmalarda harakat tasma bilan shkiv orasida hosil bo‘ladigan ishqalanish kuchi orqali amalga oshiriladi. Ishqalanish kuchi qiymati tasma tarangligi holatiga qarab belgilanadi.



Tasmalar ko‘ndalang kesimining shakliga qarab yassi tasmali ponasimon tasmali va doirasimon tasmali bo‘lishi mumkin. Tasmali uzatmalarning afzalliklari quyidagilardan iborat.

1. Shovqinsiz va ravon ishlaydi (ilashish bilan ishlaydigan uzatmalarda esa, harakat dinamik yuklanish ta’sirida ishlaydi, natijada shovqin chiqadi).

2. Katta tezlikda ishlash qobiliyatiga ega (ilashish bilan ishlaydigan uzatmalarda bunday holni uchratish qiyin).

3. Nagruzka qiymati to‘satdan ortib, zarb bilan ishlay boshlasa, mashinaning asosiy qismlarini sinib ketishdan saqlaydi, chunki nagruzka oshib, tebranish ko‘paysa, tasma (elastiklik xususiyati tufayli) shkivda sirpana boshlaydi.

4. Yuritmada zvenolar yetarli darajada bikrlikka ega bo‘lmasligi mashinalarni tebranish zonasiga kirmasdan, juda kam miqdorda dinamik yuklanish bilan ishlashiga imkon beradi.

5. Oddiy tuzilgan ish jarayonida nazorat qilish qiyinlik tug‘dirmaydi, uncha qimmat turmaydi.

Tasmali uzatmalarning kamchiliklari:

1.Gabarit o‘lchamlarining kattaligi.

2. Yuklanish natijasida tasmaning sirpanishi uzatmaning kinematik aniqligini pasaytiradi.

3. Uzatma ishlaganda val va tayanchga tushadigan kuch katta.

4. Tasmaning ishlash muddati kam: (1 ÷ 5) ming soat.

Afzallik va kamchiliklarini hisobga olgan holda, tasmali uzatmalar mashina yuritmalarining kuch bilan ishlaydigan mexanizmlarida ishlatiladi. Tasmali uzatma mexanizm yuritmasining tez yurar qismga joylashtiriladi.

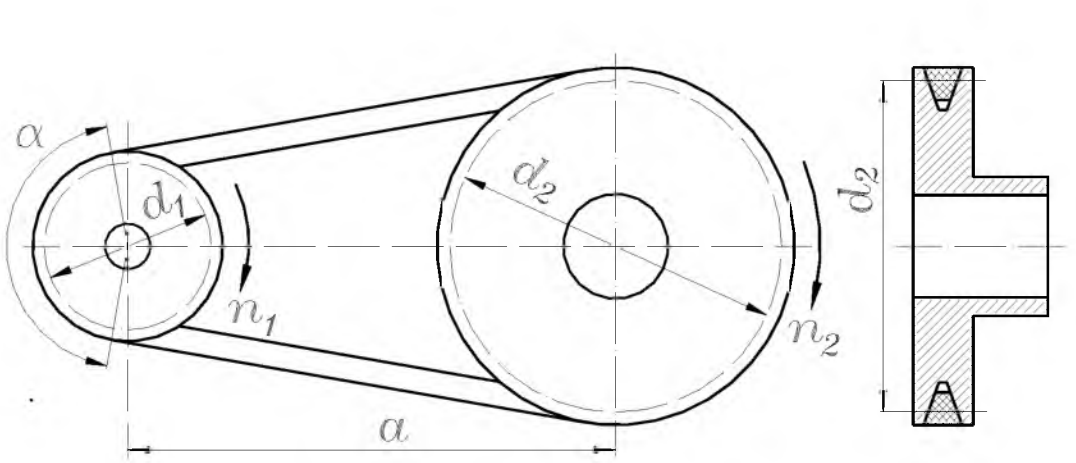
Odatda, tasmali uzatmalar quvvati 50 kVt gacha bo‘lgan mexanizmlarda ishlatiladi. Tasmali uzatmalardan avtomobilsozlikda, stanoksozlikda, qishloq xo‘jalik mashinalarida keng ko‘lamda foydalaniladi. Hozirgi vaqtda mashinasozlikda

ponasimon tasmali uzatmalar ko‘p ishlatiladi, doira shaklidagi tasmali uzatmalar kam quvvatli moslamalarda, asboblar va xizmat ko‘rsatish texnikalarida foydalaniladi.

4. Ponasimon tasma turlari va o‘lchamlari

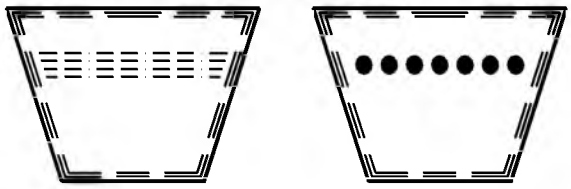
Ponasimon tasmali uzatmalar mashinasozlikda keng qo‘llaniladi, shuning uchun u bilan batafsil tanishib chiqamiz.

Ponasimon tasmali uzatma yuqori ishqalanish hisobiga yassi tasmali uzatmaga nisbatan tortish qobiliyati kattadir. Tasmaning shakli ponasimon bo‘lgani shkiv bilan tutashuvini taxminan



3 marta ko‘paytiradi. Shkiv ariqchalarining burchak profili tasmaning burchak profiliga mos kelishi kerak, uning o‘lchamlari standartlashtirilgan. Shuni hisobga olish kerakki, tasma ko‘ndalang kesimining shakli egilishda o‘zgaradi: tortilish zonasida uning eni kamayadi, siqilish zonasida esa kengayadi. Shkiv diametri qanchalik kichik bo‘lsa, bu holat ko‘proq sezilarli bo‘ladi. U holat shkivlarning tuzilishini yaratishda hisobga olinishi lozim. Shkiv diametri qanchalik kichik bo‘sa, tasma tagidagi ariqchaning profil burchagi shuncha kichik bo‘lishi kerak.

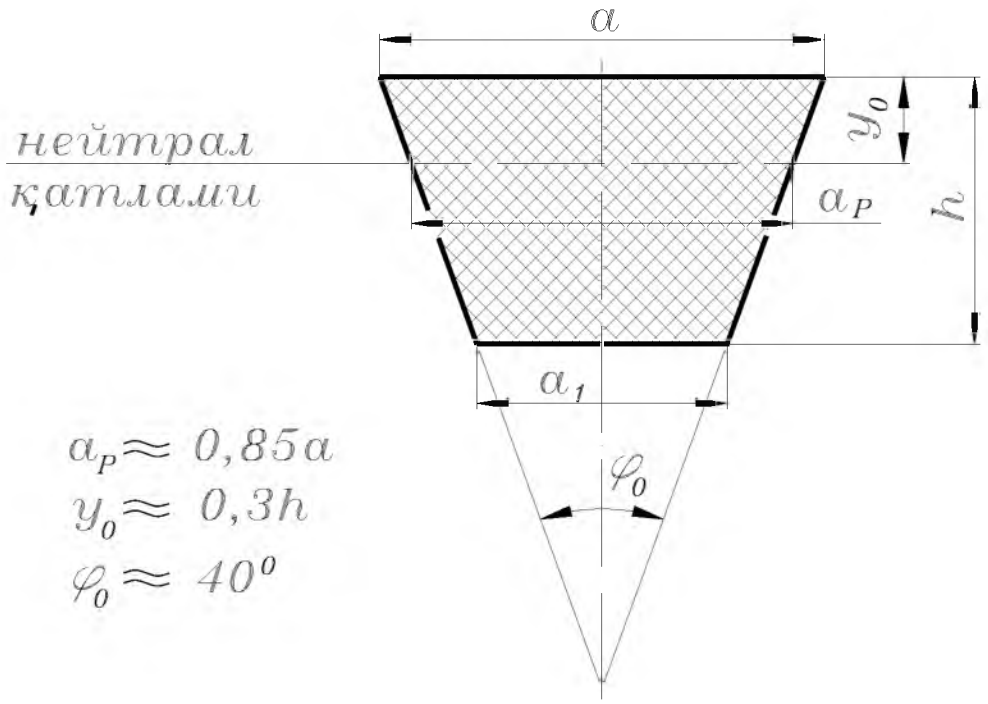
Ponasimon tasmalar uzluksiz qilib tayyorlanadi. Ponasimon rezinalangan tasma GOST1284-80 bo‘yicha 2 xilda bo‘ladi: kordgazlamali va kordchiyratma ipli



а *б*

Kordgazlamali tasmada yuklanish bir necha qatlamdan iborat bo‘lgan ip gazlamali kord qatlamlari orqali uzatib beriladi. Kordchiyratma iplida esa sun’iy tolalardan iborat bo‘lgan qalin kordli bog‘ichlar orqali uzatiladi. Kord neytral chiziqning zonasida joylashgan bo‘ladi. Uning yuqorisida (cho‘zilish zonasi) va pastida (siqilish zonasi) rezinalangan yostiqcha joylashgan. Tasma tashqi tomoni rezinalangan gazlama bilan o‘ralgan bo‘ladi. Kordgazlamali tasma keng ko‘lamda ishlatiladi, kordchiyratma ipli tasma esa og‘ir sharoitda ishlanadigan joylarda ishlatiladi.

Tasmaning ko‘ndalang kesimi va uning uzunligi standartlashtirilgan Ponasimon tasmaning o‘lchamlariga nisbatan 7 turi ishlab chiqilgan: 0, A, B, V, G, D, E. Tasma sirtini ichki tomonda turi va uzunligi ko‘rsatilgan.



1-jadvalda tasmaning hamma kesimi bo‘yicha asosiy o‘lchamlari va nominal uzunligi keltirilgan.

1-jadval

Tasmaning kesimi	Tasma kesimining o‘lchamlari		Tasmaning nominal uzunligi, l, mm	Shkivning minimal diametri, $d_{mg'n}$, mm
	a, mm	*h*, mm		
0	10	6	500; 530; 560; 600 . . . 2500	63
A	13	8	500; 530; 560; 600 . . . 4000	90

B	17	10,5	630; 670; 710; 750 . . . 6300	125
V	22	13,5	1800; 1900; 2000 . . . 9000	200
G	32	19	3150; 3350; 3550 . . . 11200	315
D	38	23,5	4500; 4750; 5000 . . . 14000	500
YE	50	30	6300; 6700; 7100 . . . 14000	800

Tasmali uzatmalarning mustaxkamlikka hisoblash asoslari va ishlash layoqati

Yuqorida aytib o‘tilganidek, tasmali uzatmadagi yuklanish yetaklovchi shkivdan yetaklanuvchi shkivga yetarli darajada taranglikka ega bo‘lgan tasma orqali, tasma bilan shkiv orasida xosil bo‘ladigan ishqalanish kuchi xobiga uzatiladi. Yuqori yuklanishda uzatma ishlash layoqatini saqlab qolish qolmasligi asosan tasma bilan shkivning ishonchli tutashganiga bog‘liqdir. Agar tasma bilan shkiv orasidagi ishqalanish kuchi yetarli darajada bo‘lsa, uzatma ishonchli bo‘lib ishlash layoqatini saqlab qoladi, aks xolda tasma shkivda sirpanadi, demak, uzatma ishlash layoqatini yo‘qotadi, bu yuklanish ortiqcha bo‘ladi. Vaqt o‘tishi bilan uzatma ishlash layoqatini yo‘qotishi mumkin, bunga asosiy sabab tasmaning charchashi natijasida uzilib ketishi yoki tasma sirtlarini ishdan chiqishidir.

Yuqoridagilarni xisobga olgan xolda shunday xulosaga kelish mumkin: tasmali uzatmaning ishlash layoqatini belgilovchi mezon- bu uzatmani tortish qobiliyati va tasmani xizmat qilish vaqti (umri); tasmali uzatmaning tortish qobiliyati- bu yuklanish joyida jilmay qolmasdan, uzatib berishidir.

Tasma bilan shkiv oralig‘ida ishqalanish kuchi xosil bo‘lishi uchun tasmada dastlabki taranglik kuchi bo‘lishi kerak, buning uchun xisobiy markazlararo masofani uzaytirish lozim, bu maxsus moslamalar bilan amalga oshiriladi. Markazlararo masofani uzaytirish uzatma turiga va tavsiya etilgan tasmaning dastlabki kuchlanishlariga bog‘liq.

Shunga o‘xshash moslamalarda tasma uzunlashgani sari (cho‘zilish natijasida) tasma tarangligini xar doim bir meyorda saqlab turish lozim. Shu bilan bir qatorda taranglikni saqlab turish uchun, avtomatik usullar, elektrodvigatel og‘irlik kuchi, prujina kuchi bilan yoki boshqa shunga o‘xshash vositalar ishlatiladi

Yuqorida aytilganiga asoslanib, tasmani yetaklovchi tarmog‘idagi kuchlanish:

Tasmaning yetaklanuvchi tarmog‘idagi kuchlanish:

Tasmaning yetaklovchi tarmog‘i kichik shkivga chiqish qismida maksimal kuchlanish xosil bo‘ladi:

Tasmaning shkivga ravon bir meyorda chiqishi va undan sirpanib tushishi tasmani elastik ekani bilan tushuntirish mumkin. Boshlang‘ich taranglikdan tasmada xosil bo‘lgan kuchlanish: $\sigma_0 = \frac{F_0}{A}$;

bu yerda : F_0 – tasmaning dastlabki taranglik kuchi;

A – tasma ko‘ndalang kesim yuzasi.

Markazdan qochirma kuchdan tasmada xosil bo‘lgan kuchlanish:

$\sigma_v = \gamma v^2$, bunda: γ – tasma materiali zichligi;

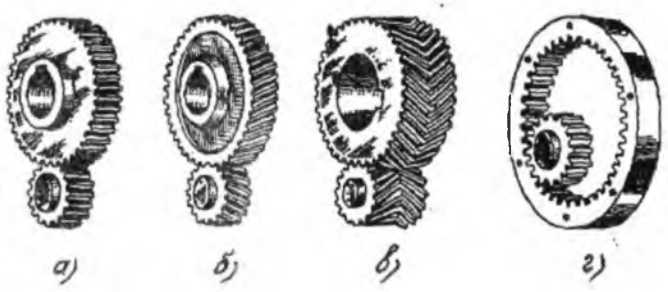
v – aylanma tezlikka teng bshlgan tasma tezligi.

Nazorat savollari:

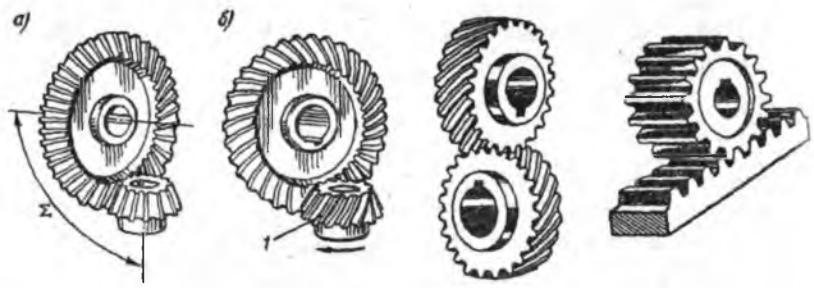
1. Tasmali uzatmaning tuzilishini ta’riflang
2. Tasmali uzatmaning ishlash jarayonini tushuntiring.
3. Mashinasozlikda qanday turdagi tasmalar ishlatiladi?
4. Yassi tasmali uzatmani turlarini ayting.
5. Qamrov burchagi tushunchasiga izoh bering
6. Tasmali uzatmaning geometrik parametrlari nimadan iborat?

5. Tishli uzatmalar

Aylanma harakat bir valdan ikkinchi valga uzaro ilashgan tishli g‘ildiraklar vositasida uzatilsa bunday uzatmalar *tishli uzatmalar* deb ataladi. Tishli uzatmalar o‘qlarning joylashishiga qarab quyidagi turlarga bulinadi: silindrsimon, o‘qlari o‘zaro parallel konussimon. O‘qlari o‘zaro perpendikulyar



vintli o‘qlari o‘zaro ayqash joylashgan Bundan tashqari aylanma harakatni ilgarilama harakatga aylantiruvchi mexanizm sifatida foydalaniladigan va tishli gildirak bilan tishli reykadan iborat uzatmalar ham ishlatiladi. Bunday uzatmalar silindrik g‘ildirakli uzatmalarning xususiy holi bo‘lib, g‘ildiraklarning birini diametri cheksiz bo‘ladi.



Tishlarning g‘ildirak sirtida joylashuviga qarab, tishli g‘ildaraklar to‘g‘ri, qiya ; aylanasimon turlarga bo‘linadi. G‘ildirak tishlari shakliga ko‘ra evolventali, (L.Eyler ixtiro qilgan), nuqtali (M.L.Novikov ixtiro qilgan) hamda sikloid ilashish bilan ishlaydigan turlarga bo‘linadi.

Bu xil uzatmalar boshqa uzatmalarga nisbatan quyidaga afzalliklarga ega:

1. Uzatmaning tezliga 150 m/s gacha bo‘lib, uzatiladigan quvvat 50000 kVt gacha yetishi mumkin.

2. Tashqi o‘lchamlari bir muncha kichik.

3. Tayanchlarga tushadigan kuch nisbatan kichik, FIK qiymati (η = 0,97 dan 0,98 gacha) yuqori.

4. Uzatish soniga salbiy ta’sir ko‘rsatuvchi sirpanish hodisasi bo‘lmaydi.

5. Ishda ishonchli, chidamliligi esa katta.

6. Uzatma g‘ildiraklarini har xil metall, metallmassa materiallardan tayyorlash mumkin.

Bir pog‘onali uzatma uzatish sonining qiymati chegaralangan bo‘lib, bu son 12,5 gacha borishi mumkin. Tayyorlashning nisbatan murakkabligi, katta tezlik bilan ishlayotganda shovqin chiqarishi, yuqori aniqliqdagi tishli g‘iddiraklarni tayyorlashning qiyinligi mazkur uzatmalarning kamchiligi hisoblanadi.

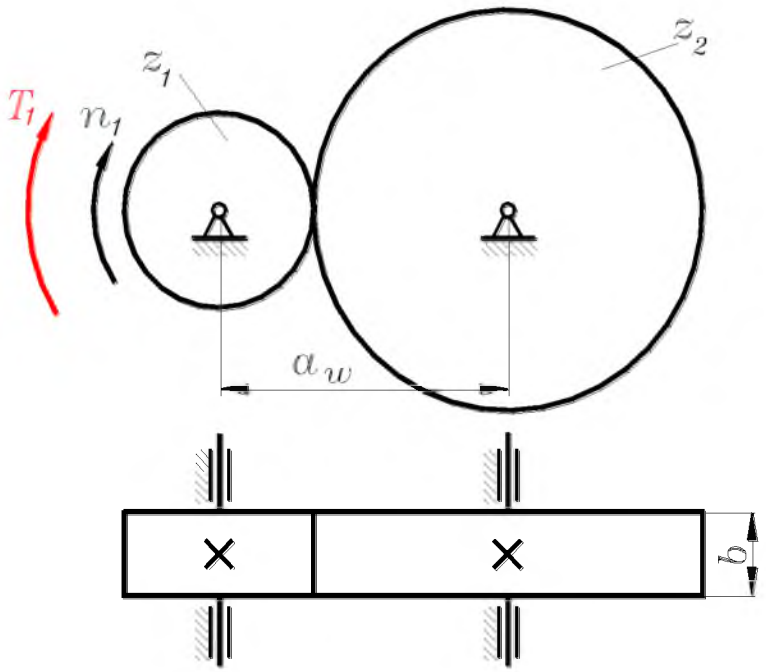
Ko‘rsatilgan kamchiliklarga qaramasdan mashinasozlik va asbobsozlik sanoatida asosan tishli uzatmalar ishlatiladi.

Uzatishlar nisbati birdan katta (sekinlashuvchi uzatmalar) yoki birdan kichik (tezlashtiruvchi uzatmalar) bo‘lishi mumkin, lekin uzatishlar soni doim birdan katta bo‘lib, g‘ildirakning yetaklovchi yoki yetaklanuvchi bo‘lishidan qat’iy nazar, katta g‘ildirak tishlar sonining, kichik g‘ildirak tishlar soniga nisbati bilan aniqlanadi. Uzatishlar soni *u* harfi bilan belgilanadi.

Uzatishlar soni *u,* birinchi g‘ildirakdagi burovchi moment T_1 va foydali ish koeffitsenti η ma’lum bo‘lsa, ikkinchi g‘ildirakning burovchi momentini aniqlash mumkin, bu ham boshlang‘ich ma’lumot deb hisoblanadi:

$$T_2 = T_1 u \eta .$$

G‘ildirak diametrlarini aniqlash mumkin.



Ishlash sharoiti. Ishlash sharoitiga qarab uzatmalar ochiq va yopiq bo‘lishi mumkin. Ochiq uzatmalar – bu qutichasiz ishlaydigan uzatmalardir. Bunday uzatmalarni moylash asosan vaqti - vaqti bilan yoki tasodifandir. Ish jarayoni abraziv elementlar, muhitlar (changlar, moylar va boshqa) tushish ehtimoli bor. Asosan qishloq xo‘jalik mashinalarda, yuk ko‘tarish kranlari va boshqa sekin harakatlanuvchi mexanizmlarida ishlatiladi. Qutichaning ichiga joylashgan yopiq uzatmalar bir meyorda moylanib turiladi. Moylash quyidagicha amalga oshirilishi mumkin:

– moyli vannada: ish jarayonida katta g‘ildirakning tishlariga moy sachratiladi;

– yog‘li tuman bilan: yog‘ forsunkasi yordamida quticha ichida moy sachratiladi;

– bosim ostida: tutashgan yuzalarga moy quticha va uzatma detallaridagi maxsus yo‘lakchalar orqali yuboriladi.

Aylanishlar chastotasi. Tishlarning aylanma tezligi uzatmaning ishlash jarayoniga ta’sir ko‘rsatuvchi eng asosiy parametrlaridan biri hisoblanadi. Uning qiymati g‘ildirak tishlarining bo‘luvchi diametri orqali topiladi. Hozircha bu diametrlar aniq emas, shuning uchun aylanma tezlik taxminan belgilanib, tekshiruv hisobidan so‘ng aniqlanadi. Lekin shu taxminiy usulda topilgan qiymatni o‘zi loyihalanayotgan uzatmaning aniqlik darajasini belgilab, uni tanlashga imkon beradi.

Uzatmaning aniqlik darajasi aylanma tezlikka proporsional, ya’ni aylanma tezligi qancha katta bo‘lsa, aniqlik darajasi shuncha yuqori bo‘lishi kerak.

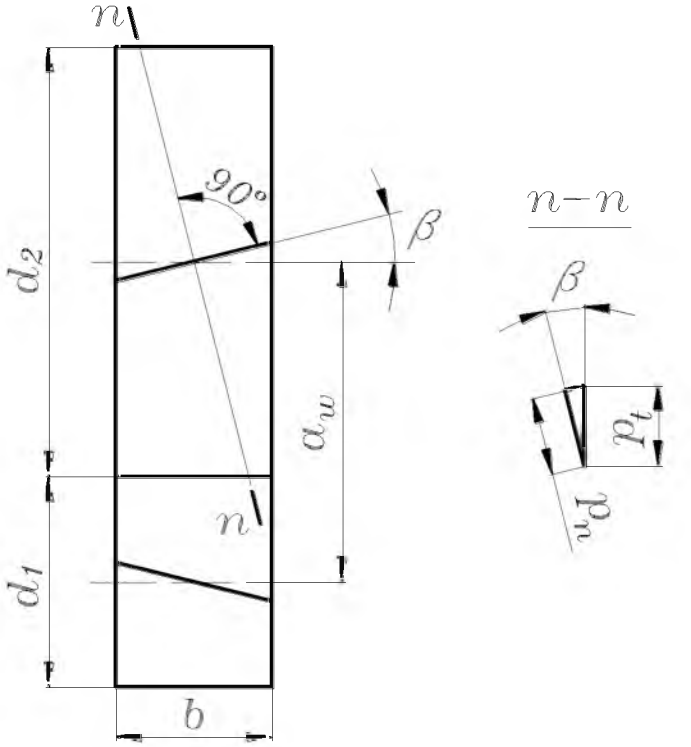
Bu holat uzatmaning ishlashida tishlarning o‘zaro qoplanishi bilan, bir juftlik va ikki juftlik ilashishlar almashuvi bilan, tishlarning kontakt yuzalarining sirpanishi, dinamik yuklamalar va hokazo bilan bog‘lik.

Nazorat savollari:

1. Tishli uzatma deb nimaga aytiladi.
2. Tishli uzatmaning afzalligi va kamchiligi nimalardan iborat?
3. Tishli g‘ildiraklar qanday materiallardan tayyorlanadi?
4. Uzatish soni tushunchasiga ta’rif bering?
5. Tishli uzatmalar o‘qlarning joylashishiga qarab qanday turlarga bo‘linadi?
6. Tishlarning g‘ildirak sirtida joylashishiga qarab turlarini aytib o‘ting.
7. Burovchi moment deb nimaga aytiladi?

6. Qiya tishli silindrsimon g‘ildirakli uzatmalar

Qiya tishli g‘ildiraklarda tish g‘ildirak o‘qi bilan ma’lum burchak hosil qilgan holda joylashgan bo‘lishi ko‘rsatilgan.



Qiya tishli g‘ildiraklarni tayyorlashda to‘g‘ri tishli g‘ildirak uchun ishlatilgan qirquvchi asbob qo‘llaniladi. Shuning uchun qiya tishli g‘ildirak shakli *n* - *n* normal kesim bo‘yicha to‘g‘ri tishli g‘ildiraklar kabi bo‘ladi. Bu kesim bo‘yicha modul qiymati standartlashgan bo‘lishi kerak. Uzatmaning geometrik o‘lchamlarini aniqlashda yon kesimdan foydalaniladi:

- yon qadam: $p_t = \frac{p_n}{\cos\beta}$,

- yon modul: $m_t = \frac{m_n}{\cos\beta}$,

- bo‘luvchi diametr: $d = m_t z = \frac{m_n z}{\cos\beta}$.

Bu formulalarda *t* va *n* indekslar yon va normal kesimga mos bo‘lgan o‘lchamlarni ifodalaydi. qiya tishli uzatmalarni xisoblash to‘g‘ri tishli uzatmalarni hisoblash kabidir.

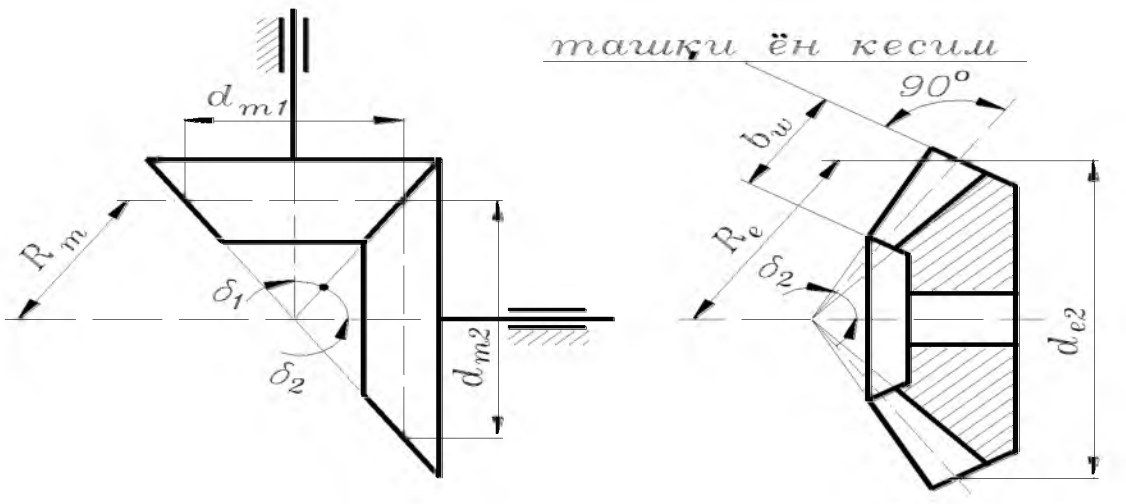
Nazorat savollari:

1. Qiya tishli uzatmaning afzalligi va kamchiligi nimalardan iborat?
2. Qiya tishli uzatmada qiyalik burchagi qiymatini ayting
3. Qiya tishli uzatmadagi uzatish soni qanday aniqlanadi?
4. Mashinasozlikda nima uchun qiya tishli uzatma qo‘llaniladi?

7. Konussimon tishli g‘ildirakli uzatmalar

Konussimon tishli uzatma vallarning geometrik o‘qlari ixtiyoriy ravishda kesishgan holatda foydalaniladi. Ko‘pincha, vallaning orasidagi burchak to‘g‘ri bo‘lgan hollarda ishlatiladi, ya’ni bu hol to‘g‘ri tishli uzatmaga mos keladi. Konussimon g‘ildiraklarni tayyorlash silindr g‘ildiraklarga nisbatan birmuncha murakkab bo‘lib, tishlar qirqish uchun maxsus asbob va stanoklardan foydalaniladi. Konussimon g‘ildiraklarni talab etilgan aniqlik bilan yig‘ish ham qiyin. Val o‘qini o‘zaro kesishuvi ularning tayanchlarini joylashtirishni qiyinlashtiradi, natijada g‘ildiraklarning biri osma (faqat bir tomondan tayanchga o‘rnatiladi) holda bo‘ladi. Bu hol uzatmaning ilashishda tishlarga ta’sir etuvchi yuklanishlarning notekis taqsimlanishiga, dinamik kuchlarni hosil qilishiga sabab bo‘ladi. Konussimon uzatmalarda val o‘qi bo‘ylab yo‘nalgan kuch qiymati katta bo‘lib, tayanchlarni tuzilishini murakkablashtiradi. Bu hollarning hammasi konussimon uzatmaning yuklanish qobiliyati silindrsimonga nisbatan 0,85 qiymatni tashkil etishiga sabab bo‘ladi, yuqorida keltirilgan kamchiliklar hisobiga 15 foiz kamayib ketadi.

Boshlang‘ich konussimon uzatmada bo‘luvchi konuslik burchaklari γ_1 va γ_2 bo‘lganda tutashgan bo‘ladi. Konuslarni tashkil etuvchisi bo‘luvchi konus tashkil etuvchilariga tik bo‘lsa, bunday hollarda ular *qo‘shimcha konuslar* deyiladi. Qo‘shimcha konusdagi tish kesimini tishning yon kesimi deyiladi.



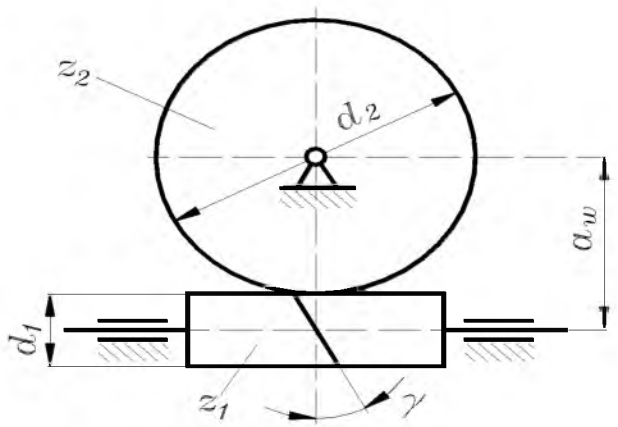
$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{sin\delta_2}{sin\delta_1}$$

Nazorat savolari:

1. Konussimon uzatmalar qanday burchak ostida kesishadi?
2. Konussimon uzatmalarning afzallik va kamchiliklari nimadan iborat?
3. Konussimon uzatmalarning kinematikasi va geometriyasiga izoh bering.
4. Konussimon uzatmalarda uzatish soni qaysi formula bilan topiladi?

8. Chervyakli uzatma

Chervyakli uzatma yuqori darajali kinematik juft bo‘lib, chervyak va chervyakli g‘ildiraklardan tuzilgan, o‘qlari esa o‘zaro ayqash holatda joylashgan. Ayqashlik burchagi amalda 90° ga teng. Chervyakli uzatmalar globoidli va silindrsimon (ya’ni chervyak silindrsimon) bo‘lishi mumkin.



Chervyak tuzilishi trapetsional rezbali vintga o‘xshaydi va silindrik (arximed), konvolyuta, evolventa yoki globoid shaklida bo‘lishi mumkin. Misol tariqasida, hozirgi texnikada ko‘proq ishlatiladigan arximed chervyakdan tuzilgan chervyakli uzatmani o‘rganib chiqamiz. Agar chervyak o‘z o‘qiga tik tekislik bilan kesilganda hosil bo‘lgan iz trapetsiyaga o‘xshash, ya’ni yon tomondan qaralganda, o‘ramlar arximed o‘ramiga o‘xshaydigan bo‘lsa, arximed chervyak deyiladi. Bunday chervyakning profil burchagi $\alpha = 20°$ ga teng bo‘ladi.

Chervyakli uzatmalarni afzalliklari va kamchiliklari

Afzalliklari.

1. Uzatishlar soni nisbatan kattaligi.
2. Shovqinsiz va ravon ishlaydi.

3. Kinematik aniqlikka ega. Silindrsimon yoki konussimon tishli uzatmalarga nisbatan chervyakli uzatmaning yuqori darajada kinematik aniqlikka ega bo‘lishini quyidagi faktorlar bilan bog‘lash mumkin: Chervyak tish qadami xato 0 ga teng yoki minimal qiymatga ega. Masalan, agarda uni tishli g‘ildirak deb faraz qilsak, bir kirimli chervyak tishli g‘ildirakning tishlar soni birga teng demakdir.

4. O‘z-o‘zini to‘xtatish imkoniyati bor.

Kamchiliklari.

1. FIK kam.
2. Yeyilishning yuqoriligi va yemirilishga moyilligi.
3. G‘ildirak uchun qimmatbaho materiallar ishlatiladi.
4. G‘ildirak bilan chervyakni yig‘ish uchun qo‘yilgan yuqori talablar chervyak bilan g‘ildirak tekisliklari mos kelishi lozim.

Chervyakli uzatma qimmat va tishli uzatmalarga nisbatan murakkabdir, shuning uchun, uni zarur bo‘lgan holda, vallar o‘qi ayqash joylashgan vaqtda, katta uzatishlar soni kerak bo‘lgan mexanizmlarda yuqori kinematik aniqlik zarur bo‘lganda va o‘z-o‘zini to‘xtatish lozim bo‘lganda ishlatiladi. Bularga bo‘luvchi moslamalar mexanizmlarni aylantirish, to‘xtatish vositalari yuk ko‘tarish mexanizm va boshqalar kiradi. Shuning bir qatorda chervyakli uzatmalar stanoklarda, avtomobilsozlikda, yuk ko‘tarish mexanizmlari va boshqalarda o‘z o‘rnini topgan.

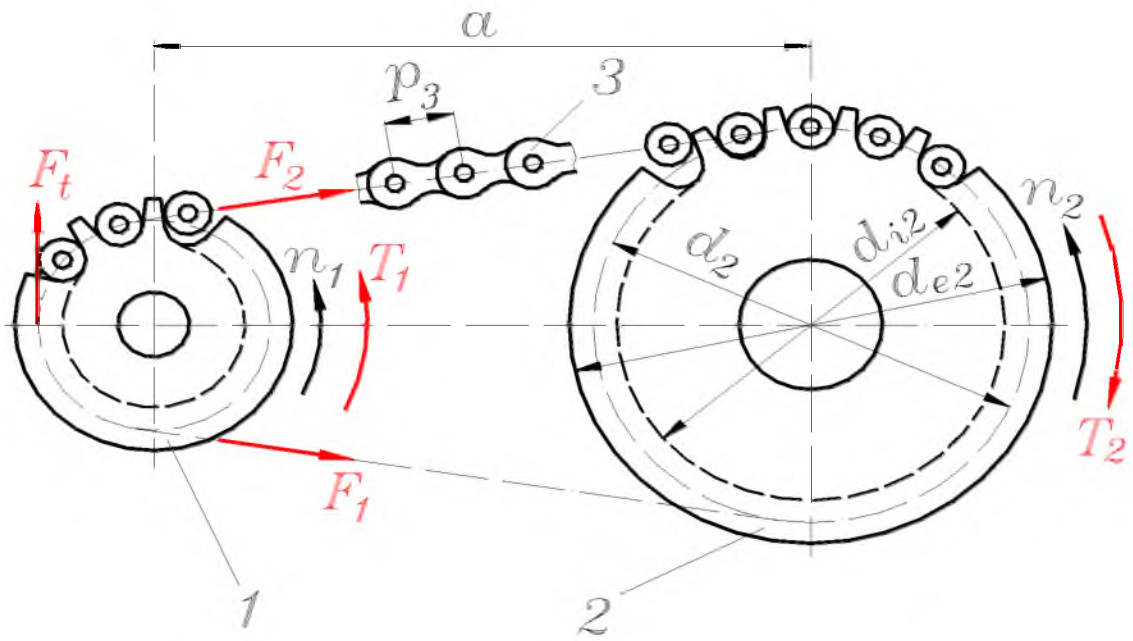
Chervyakli uzatmaning FIK kamligi, yulinib ishlashiga yondoshligi sababli kam yoki o‘rta quvvatli siklli almashinib ishlaydigan sohalarda chegaralangan. Umuman olganda, uzatib berish quvvati 50 ÷ 60 kVt dan oshmaydi. Katta quvvatlarda va to‘xtovsiz uzoq vaqt ishlaganda ishqalanish natijasida qizib ketishi chervyakli uzatmalardan foydalanishni cheklab qo‘yadi.

Nazorat savollari:

1. Chervyakli uzatmaning tuzilishi va ishlashi jarayoni haqida ma’lumot bering.
2. Chervyakli uzatmaning afzalligi va kamchiliklari nimadan iborat?
3. Chervyakli uzatmaning kinematikasi va geometriyasini izohlang.
4. Chervyakli uzatmaning qo‘llanish sohasi to‘g‘risida ma’lumot bering?

9. Zanjirli uzatma turlari va tuzilishi

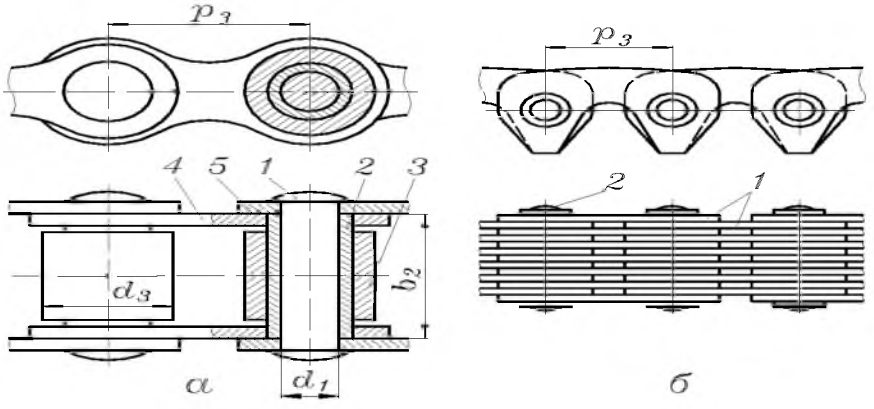
Zanjirli uzatma maxsus tuzilishdagi ikkita tishli g‘ildirak (yulduzcha) va unga kiydirilgan cheksiz egiluvchan zanjirdan iborat. Kirish *1* va chiqish *2* yulduzcha va zanjir *3* o‘zaro bog‘lanib, uzatmani hosil qiladi. Uzatma xarakati zanjirning yulduzcha tishlariga ilashishiga asoslangan.



Bunday uzatmalar zanjirning turiga qarab vtulka, vtulka-rolikli, rolikli, tishli va boshqalarga bo‘linadi.

Vtulka-rolikli zanjir rasmda tashqi zveno 5 ga presslanib o‘rnatilgan valik *1* ichki zveno *4* ga presslab joylashtirilgan vtulka *2* va vtulkaga uning atrofida bemalol aylanadigan qilib, kiydirilgan rolik *3* dan tuzilgan. Vtulka va rolik ya’ni tashqi va ichki zveno bir-biriga nisbatan bemalol aylanishi mumkin. Rolikning tishiga tekkanda aylanib ketishi sirpanib ishqalanishni dumalab ishqalanishga aylantiradi. Bu xol tishlarning yeyilishini susaytiradi va uzatma ishini yaxshilaydi.

Aylanma tezlik 20 m/s gacha bo‘lganda vtulka-rolikli zanjir ishlatiladi. Bir qatorlidan tashqari ikki, uch va to‘rt qatorli zanjirlar tayyorlanadi.



Vtulkali zanjirni tuzilishi vtulka-rolikliga o‘xshash bo‘ladi, faqat unda rolik bo‘lmaydi. Zanjir va yulduzchaning yeyilishi ortadi, ammo uning xajmi va qiymati kamayadi.

Tishli zanjir ikki uchida tishga o‘xshagan chiziqlari bo‘lgan plastinkalar majmuidan iborat. Yulduzchaning tishlari plastinka chiziqlari orasida joylashgan xolda ilashishda bo‘lib tortish qobiliyati ancha katta bo‘ladi, tishli zanjirlar vtulka rolikliga nisbatan yetarli darajada ravon va shovqinsiz ishlaydi. Tishli zanjirli uzatmalar nisbatan katta 35 m/s gacha aylanma tezlikda ishlay oladi, lekin ularni tayyorlash va yig‘ishda yuqori aniqlik talab etiladi.

Bunday uzatmaning kamchiliklariga quyidagilarni kiritish mumkin: zanjir ayrim-ayrim bikrligi katta bo‘lgan zvenolardan iborat bo‘lib, yulduzcha aylanasi bo‘yicha joylashmay, balki ko‘p burchak tashkil qiladi, natijada sharnirlarda yeyilish xosil bo‘ladi, shovqin bilan ishlay boshlaydi, qo‘shimcha zarbli yuklanish xosil bo‘ladi. Zanjirli uzatmalar markazlararo masofa nisbat katta bo‘lganda xarakatni bir yetaklovchi valdan bir necha yetaklanuvchiga vallarga tishli uzatmalarda bajarish murakkab emas, tasmada esa yetarli darajada ishonchli natija bermaydi. Zanjirli uzatmalar ximiya, transport mashinasozligida, stanoksozlikda, qishloq xo‘jalik mashinasozligida, tog‘ ishlari moslamalarida va yuk ko‘tarish – tashish mashinalarida ishlatiladi.

Bu yerda faqat vtulka-rolikli uzatmani ko‘rib chiqamiz, sababi bu uzatma eng ko‘p qo‘llaniladigan uzatmadir.

Nazorat savollari:

1. Zanjirli uzatmaning tuzilishi va ishlashi jarayoni haqida ma’lumot bering.
2. Zanjirli uzatmaning afzalligi va kamchiliklari nimadan iborat?
3. Zanjirli uzatmaning kinematikasi va geometriyasini izohlang.
4. Zanjirli uzatmaning qo‘llanish sohasi to‘g‘risida ma’lumot bering?

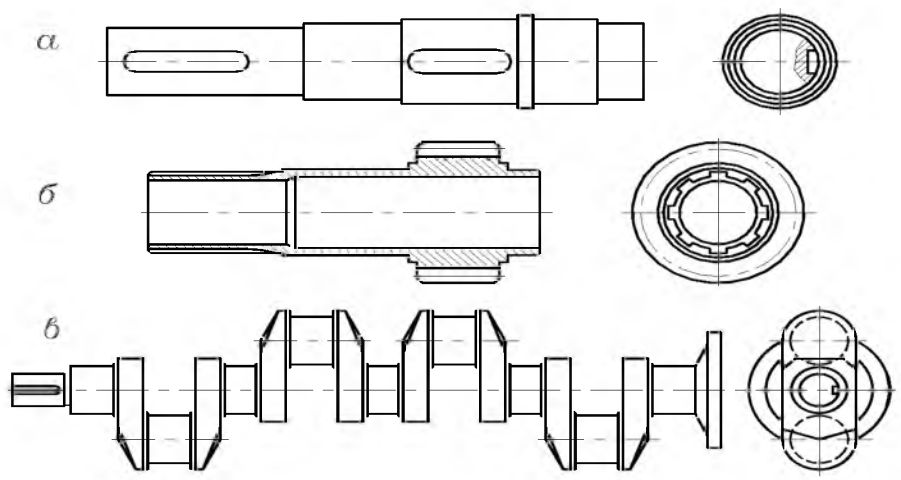
10. Vallar va o‘qlar

Val aylanadigan detallar: tishli g‘ildiraklar, shkivlar, barabanlar va boshqa turdagi detallarni o‘rnatish uchun o‘zaro burovchi moment uzatib berish uchun xizmat qiladi.

O‘q aylanuvchi detallarni joylashtirish uchun xizmat qiladi, lekin burovchi moment uzatib bermaydi.

Val xar doim aylanadi, o‘q esa aylanadigan yoki aylanmaydigan qo‘zgalmas bo‘lishi mumkin.

Vallar to‘g‘ri, tirsakli va egiluvchan bo‘ladi. Eng ko‘p ishlatiladigan to‘g‘ri vallardir. Ular, asosan, silliq va pog‘onali bo‘ladi.



Vallarni hisoblash

Vallar mustaxkamlikka, bikrlikka va titrashga chidamlikka xisoblanadi. Vallarni mustaxkamlikka xisoblash plastik deformatsiya xosil bo‘lishining va vaqtdan oldin sinib ketishining oldini olish uchun bajariladi. Ma’lumki, bunday xollar vallar o‘ta yuklanish bilan xarakatda bo‘lganida sodir bo‘ladi. Bunga asosiy sabab, tasodifiy faktorlar va ishga tushirish davri xisoblanadi. Bikrlikka xisoblashdan maqsad, yuklanish ta’sirida elastik deformatsiyani aniqlash va ruxsat etilgan qiymat bilan solishtirishdan iborat. Titrashga chidamlilikka xisoblashdan maqsad, vallarning davriy yuklanish natijasida tebranishga bardoshliligini aniqlash. Vallarning bikrlikka va tebranishga xisobi bu yerda ko‘rsatilmagan, chunki ular maxsus xollarga kiradi (metallga ishlov beruvchi stanoklarni shpindellari, uzun transmission vallar va xokazo).

Vallarni mustaxkamlikka xisoblashda quyidagi bosqichlar e’tiborga olingan:

- valning tuzilishini yaratishdan oldin loyixa xisoblash asosida val diametri taxminiy aniqlanadi;
- val tuzilishini yaratish;
- valning xavfli kesimidagi kuchlanish tekshirish uchun aniqlanadi;
- zaruriyatda val tuzilishiga aniqlik kiritiladi.

Nazorat savollari:

1. Val va o‘q deb nimaga aytiladi?
2. Vallar qanday materiallardan tayyorlanadi?
3. Valning taxminiy diametri qanday aniqlanadi?

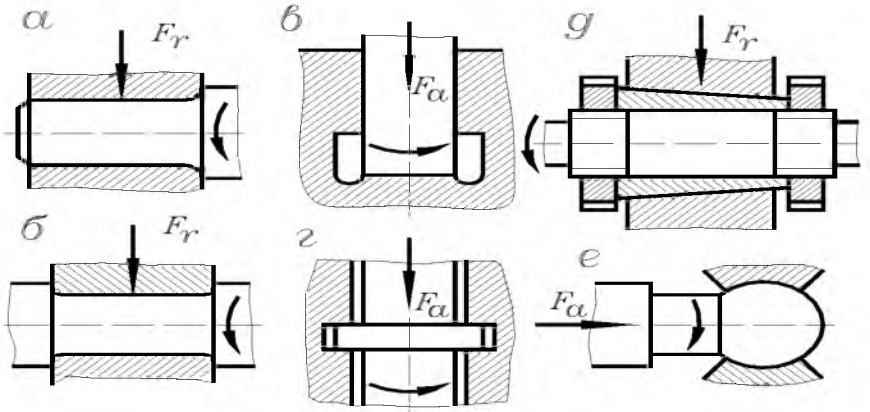
11. Podshipniklar.

Podshipniklar val va aylanadigan o‘qlar uchun tayanch vazifasini o‘taydi. Mashinaning ishlash qobiliyati va chidamliligi podshipniklarning sifatiga ko‘p jixatdan bog‘liq. To‘g‘ri xisoblangan va tuzilishi jixatdan aniq bo‘lgan podshipniklar berilgan yuklamalarni qabul qilishi va ishqalanishga sarflanadigan quvvatni iloji boricha

kamaytirishi zarur. Ishqalanishning turiga qarab, podshipniklar sirpanish podshipniklari bilan dumalash podshipniklariga bo‘linadi.

Yuklanishni qabul qilishga qarab – radial, radial yuklanishni qabul qiladi, tirakli o‘q bo‘ylab yo‘nalgan yuklanishni qabul qiladi va radial-tirakli, bir vaqtda radial va o‘q bo‘ylab yo‘nalgan yuklanishni qabul qiladi.

Val va o‘qlarning tayanchlarga mo‘ljallangan qismi sapfa deyiladi. Sapfalarning shakli silindrsimon, konussimon, zoldirsimon bo‘lishi mumkin



Umuman olganda, sirpanish podshipniklarining hozirgi zamon mashinasozligida ishlatilishi so‘ngi yillarda sezilarli darajada kamaydi, chunki ular o‘rniga bir qator afzallklari bo‘lgan dumalash podshipniklari ishlatila boshlandi. Lekin sirpanish podshipniklarida quyidagi ustunliklar bo‘lgani uchun ayrim xollarda ulardan foydalanish ma’qul ko‘riladi.

1. Ajraladigan qilib tayyorlangani uchun, uni valning istalgan qismiga o‘rnatish mumkin. Bu xol tirsakli vallar uchun qo‘l keladi.

2. Yuqori tezlikda ishlaydigan podshipniklar (v ≥ 30 m/s). Yuqori aylanma tezlikda dumalash podshipniklarni ishlatilishi amaliy xolda mutlaqo mumkin emas. Chunki yuqori tezlikda shovqin chiqadi, tebranish xosil bo‘ladi va ishlash muddati kamayadi.

3. Mashina podshipniklari, vallarning fazoda turli xolatlariga o‘ta aniqlik talab qilganda va bo‘shliqni rostlashda ishlatiladi.

4. Aloxida sharoitda ishlaydigan podshipniklar (suv, agressiv muxit).

5. Arzon sekin yurar mexanizm podshipniklari.

Dumalash podshipniklari

Dumalash podshipniklari ikkita xalqadan iborat – ichki va tashqi, xalqalar orasidagi separatorda dumalash elamentlari (separatorsiz bo‘lishi xam mumkin) joylashgan. Ular xamma soxalarda keng miqyosda ishlatiladi. Ular o‘ziga xos afzallik va kamchiliklariga ega.

Dumalash podshipniklarining afzalliklari.

1. Dumalab ishqalanishi kichik ishqalanish koeffitsiyentiga ega, uning qiymati suyuqlikdagi ishqalanish koeffitsiyentiga juda yaqin (f = 0,0015 □ 0,006).

2. Xizmat ko‘rsatish va moylash sistemasi soddalashtirilgan. Yon tomonlari biriktirilgan podshipniklar faqat moylangan xolda ishlatilishi mumkin. Bunday

podshipniklar tayyorlash vaqtida moylangan bo‘lib, ishlash muddati davomida qo‘shimcha moylash talab etilmaydi.

3. Standartlashtirish imkoniyati ko‘plab ishlab chiqarishni va maxsulotning tannarxini kamaytiradi.

Dumalash podshipniklarining kamchiliklari.

1. Ajraladigan konstruksiyaga ega emas. Shuning uchun uni tirsakli vallarga o‘rnatish imkoni yo‘q.

2. Sirpanish podshipniklariga nisbatan radial o‘lchamlari katta.

3. Tezyurarligi chegaralangan, dumalash elementlari katta tezlikda ishlaganda noqulayliklar keltirib chiqaradi.

4. Tebranma va zarbli yuklanishlarda ishlash qobiliyati kamayadi.

5. Suvda va xavfli muxitlarda ishlash imkoniyati yo‘q. Podshipnik xalqalari va dumalash elementlari po‘latdan tayyorlangan bo‘lib, zanglash extimolligi yuqori. Podshipniklar nomlanishi ikki qismdan iborat.

Radial sharikli podshipnik ko‘p tarqalgan. Podshipnik xalqalarining ariqchalariga shariklar (zoldirlar) joylashadi.

Ariqchalarning egiluvchan radiuslari zoldir radiusidan kattaroq bo‘lib, toza chayqalish imkoniyati bo‘ladi. Zoldirning xalqa bilan kontakti nuqtada bo‘ladi, shunga qaramasdan, bunday podshipnik radial yuklanish bilan bir qatorda o‘zgarmas bo‘ylama yuklanishni ham qabul qiladi (taxminan 80% radial kuchdan).

Nazorat savollari:

1. Sirpanish podshipniklarning tuzilishi va ishlashi jarayoni haqida ma’lumot bering.
2. Dumalash podshipniklarning tuzilishi va ishlashi jarayoni haqida ma’lumot bering.
3. Podshipniklarning afzalligi va kamchiliklari nimadan iborat?
4. Podshipniklarning qo‘llanish sohasi to‘g‘risida ma’lumot bering?

12. Mufta turlari

Texnikada val, sterjen, elektr simlari va shu kabi detallarning uchlarini bir-biriga ulash uchun xizmat qiladigan vositalarni muftalar deyiladi. Bunda faqat vallar uchini bir-biri bilan ulaydigan muftalar bilan tanishib chiqamiz. Xuddi shu muftalarning o‘zi tishli g‘ildiraklar, shkivlar va shu kabi detallarni valga o‘rnatilgan xolida ularning uchini bir-biri bilan ulashga xizmat qiladi.

Muftalar quyidagi turlarga bo‘linadi: boshqarilmaydigan, boshqariladigan va o‘z-o‘zini boshqaruvchi (avtomatik).

Boshqarilmaydigan muftalar o‘z navbatida, doimiy biriktirilgan, kompensatsiyalovchi (notekisliklarni to‘g‘rilovchi) va saqlagich muftalarga bo‘linadi. Doimiy biriktirilgan muftalar markazlanib, o‘qdosh xoliga keltirilgan, vallarning uchlarini o‘zaro ulash uchun ishlatiladi. Odatda, vallarni uchlari bunday markazlanib, o‘qdosh xolda bo‘lmaydi, bunga asosiy sabab, detallarni tayyorlashdagi yig‘ma birlikni xosil qilish uchun montaj ishlarini bajarishdagi notekisliklardir.

Bunday notekisliklarni ish jarayonida to‘g‘rilash uchun kompensatsiyalovchi muftalar ishlatiladi, ular o‘z navbatida qo‘zg‘aluvchan va elastik muftalarga bo‘linadi. Elastik muftalar o‘z elemenlari bilan xam bikrlikka ega bo‘lgan bo‘g‘in vazifasini bajaradi, natijada mashinalarni rezonans zonaga kirmasdan ishlashini ta’minlaydi va tebranishdan saqlab qoladi.

Saqlagich muftalar o‘ta yuklanish va avariya xollari ro‘y berganda, mashina mexanizmlarini sinib ketishdan saqlaydi.

Boshqariluvchi muftalar vallarni yoki vallarga joylashtirilgan detallarni o‘zaro birlashtirish yoki ajratish uchun xizmat qiladi. Bunday jarayonlar qo‘zg‘almas vallarda yoki aylanib turgan vaqtda bajarilishi mumkin. Boshqariladigan element turiga qarab, bunday muftalar mexanikli, elektromagnitli, gidravlik yoki pnevmatik (siqilgan xavo)li bo‘lishi mumkin.

O‘z - o‘zini boshqaruvchi (avtomatik) muftalar vallarni yoki vallarga joylashtirilgan detallarni ishlash jarayoniga – tezligiga yoki aylanish yo‘nalishiga qarab o‘zaro biriktirish yoki ajratish uchun xizmat qiladi.

Nazorat savollari:

1. Muftalarning vazifasi nimadan iborat?
2. Mashinasozlikda qanday muftalar ishlatiladi?
3. Mexanikaviy muftalarning tuzishi va ishlashi haqida ma’lumot bering.
4. Mashinasozlikda ishlatiladigan muftalar qanday materiallardan tayyorlanadi?

“Mashina detallari” fanidan test savollari

1.Mashina detallari kursining vazifasi nimalardan iborat?

*barcha turdagi mashinalar uchun umumiy bo‘lgan detal va uzellarni hisoblash va loyihalash asoslarini talabalarga o‘rgatishdan iborat.

detalni hisoblashni o‘rgatuvchi fandir.

uzelni hisoblashni o‘rgatuvchi fandir.

detalni loyihalashni o‘rgatuvchi fandir.

2.Qanday kuchlanish ruxsat etilgan kuchlanish deyiladi?

*detalning ishonchli va uzok muddatli ishlashini ta’minlovchi eng katta kuchlanish

detal kesimida xosil buladigan kuchlanish.

bunday kuchlanish yuk.

detalni sinshdirib ishdan chikaradigan kuchlanish.

3.Mashinasozlikda ishlatiladigan materiallarning asosiy tunrlarini aytin.

*cho‘yan, po‘lat, rangli metallar, metalmas materiallar, rezina

4.Mashina va detallarning ishga layoqatligi kursatgichlarini ko‘rsating.

mustaxkamlik, bikrlik, issiqbardoshlik yeyilishga chidamlilik

titrashga chidamlilik *yukoridagilarning xammasi

5.To‘g‘ri tishli silindrsimon g‘ildiraklarni kontakt kuchlanish bo‘yicha qanday hisoblanadi?

$\sigma_H = \sqrt{\dfrac{qE_1E_2}{\rho_K \pi\left[E_1\left(1-\mu_2^2\right)+E_2\left(1-\mu_1^2\right)\right]}}$ $\sigma_H = 0{,}418\sqrt{qE_K/\rho_K}$

$\sigma_H = \sqrt{\dfrac{E_K}{2\pi(1-\mu_2)}\cdot\dfrac{q}{\rho_K}}$ * $\sigma_H = 430\sqrt{\dfrac{F_t(1+U)}{d_1\cdot b_1}\cdot K_{H\beta}\cdot K_{H\upsilon}} \le [\sigma_H]$

6.Shlitsli birikmalarni ezilishga kanday xisoblanadi?

* $\sigma_{эз} = 2T/\left(K_T\, zhd_{yp}\cdot l\right) \le [\sigma_{эз}]$ $\sigma_{эз} = 2T/\left(zhd_{yp}\cdot l\right) \le [\sigma_{эз}]$

$\sigma_{эз} = 2T/\left(Zhd_{yp}\cdot l\right) \le [\sigma_{эз}]_{ейл}$ yukoridagilarning xammasi to‘g‘ri

7. To‘g‘ri tishli silindirsimon g‘ildiraklarni eguvchi kuchlanishga kaysi formula bo‘yicha hisoblash mumkin?

$\sigma_{g'} = \sigma_{eg} - \sigma_s$ $\sigma_{eg} = -\sigma_{eg} - \sigma_{g'}$ $\sigma_F = \dfrac{F_t\cdot K_F}{b\cdot m}$ * $\sigma_F = \dfrac{F_t\cdot Y_F\cdot K_{H\alpha}\cdot K_{H\upsilon}}{b\cdot m} \le [\sigma_F]$

8. Rezba yuzasi va kesimlari qanday kuchlanishga tekshiriladi?

rezbaning yuzasi ezilishga tekshiriladi kesilishga tekshiriladi

*A va B ning xar ikkisi faqat ezilishg.

9.Dumalash podshipniklari qanday tanlanadi?

statik yuk ko‘taruvchanlik bo‘yicha; dinamik yuk ko‘taruvchanlik bo‘yicha;

ekvivalent nagruska bo‘yicha; *faqat A va B to‘g‘ri;

10.Tishli gildiraklarni tayerlashda ishlatiladigan materillarni ayting

pulat, chuyan; plasmassa, lignofol; kapron, tekstolit; *Yukoridagilarning xammasi

11.Tishli gildiraklarning moduli kanday aniklanadi?

$m = 3{,}14\ ^{P_e}$; *$m = \dfrac{P_e}{3{,}14}$; $m = \dfrac{3{,}14}{P_e}$ A va V birgalikda to‘g‘ri

12.Ponasimon tasmali uzatmalarni hisoblash tartibi qanday?

*tasma turi tanlanadi, yetaklanuvchi shkiv diametri, uzatmaning geometrik o‘lchamlari aniqlanadi, bitta tasma yordamida uzata olish mumkin bulgan kuvvat aniklanadi tasmalar soni aniklanadi
valga ta’sir qiluvchi kuch topiladi.
A va V birgalikda to‘g‘ri

12.Podshipniklar kanday turlarga bulinadilar?
radial, tirak; radial-tirak, tovondosh; konussimon, sferik;
*A va B lar birgalikdato‘g‘ri

13.Podshipniklar kanday elementlardan iborat buladilar?
separator va dumalash elementlar faqat dumalash elementlaridan
ichki va tashki xalalardan *A va V lar birgalikda to‘g‘ri

14.Muftalarning vazifalari nimalardan iborat?
*vallarni o‘zaro biriktiradi va zarur vaktlarda ajratadi; burovchi momentni uzatadi;
aylanishlarni uzatadi A va B lar birgalkda to‘g‘ri

15. Detalning yeyilishini, qizishini, titrashini kamaytirish usullari qanday?
ishqalanuvchi detallarni tez – tez moylab turish, termik qayta ishlash;
yeyilishga chidamli materiallarni ishlatish;
titrashni so‘ndirgichlardan, ya’ni maxsus elastik elementlardan foydalanish kerak, maxsus sovitgichlar ishlatiladi.
*yukordagilarning xammasi birgalikda to‘g‘ri

16.Qanday turdagi muftalarni bilasiz?
mexanik, elektrik; gidravlik; *pnevmatik va silindrsimon; mexanik elektrik va gidravli

17.Chervyakli uzatmani kontakt kuchlanish bo‘yicha qanday hisoblanadi?
* $\sigma_H = \sqrt{\frac{q \cdot E_K}{\rho_K \cdot 2\pi(1-\mu^2)}}$; $\sigma_H = \frac{480}{d_2}\sqrt{\frac{T_2 \cdot K_H}{d_1}} \le [\sigma_H]$; $\sigma_F = 0{,}7 \cdot \frac{F_{t2} \cdot Y_{F2} \cdot K_F}{b_2 \cdot m_n} \le [\sigma_F]$; A v B.

18.Chervyakli uzatmani eguvchi kuchlanish bo‘yicha qanday hisoblanadi?
$\sigma_F = 0{,}7 \cdot \frac{F_{t2} \cdot Y_{F2} \cdot K_F}{b_2 \cdot m_n} \le [\sigma_F]$; $\sigma_F = \frac{F_t \cdot K_F}{b \cdot m}$;* $\sigma_H = \frac{480}{d_2}\sqrt{\frac{T_2 \cdot K_H}{d_1}} \le [\sigma_H]$;
A va B birgalikda to‘g‘ri

19.Muftalar tuzilishiga ko‘ra qanday turlarga bo‘linadi?
doimiy biriktirilgan va kulachokli muftalar,
boshqariladigan, ulovchi, avtomatik muftalar;
kompensatsiyalovchi muftalar
* yuqoridagilarning xammasi birgalikda to‘g‘ri

20.Birikmalarning turlari qanday?
ajraladigan – rezbali, shponkali, shlitsali birikmalar
ajralmaydigan – parchin mixli, payvand, hamda detallarni o‘zaro tig‘izlik bilani o‘tkazilgan birikmalar;
mukammallashtirilgan *A va B lar birgalikda to‘g‘ri

21.Tishli gildirak moduli kontakt kuchlanish qiymatiga qanday ta’sir etadi?
tishli gildirak moduli kontakt kuchlanishga ta’sir etmaydi;
kontakt kuchlanishning qiymati diametriga bog‘liq ($d \approx mz$)
tishli gildirak moduli kontakt kuchlanishlarining kiymatini kamaytiradi

*yuqoridagilarning xammasi birgalikda to‘g‘ri

22.Tishli gildirak tishlar soni kontakt kuchlanish qiymatiga qanday ta’sir etadi?

*tishlar soni ham kontakt kuchlanishga ta’sir etmaydi;

tishlar soni kuchlanishga ta’sir etadi;

A va B lar birgalikda to‘g‘ri

tishlar soni kontakt kuchlanishlarini kiymatini oshirib yuboradi

23.Yulduzcha tishlar soni qanday tanlanadi?

i=1…2; z_1=30…27 z_i=27…25, Z_2=22-35

* $Z_{1\min} \geq 29 - 2U \geq 13$ $Z_{1\min} \geq 29 - 2U \geq 13$.2

24.Friksion uzatmalarda yetaklovchi gildirak diametri kanday aniklanadi? kontakt kuchlanish bo‘yicha qanday hisoblanadi?

*gers formulasi asosida, siquvchi kuch ta’sirida,

g‘ildirak materiali bo‘yicha, kontakt yuza chiziqli ko‘rinishda bo‘lganda,

25.Tish kontakt kuchlanish qiymatiga ta’siri va uni chegaralanish sabablari ngimadan iborat?

simmetrik, nosimmetrik, konsol, *«A» va «B»

26.Tishli g‘ildirakning asosiy geometrik o‘lchamlari nimadan iborat?

tashqi aylana – d_2 tish osti aylanasi - d_1 tish kollagining balandligi - h_a

*tish oyog‘ining balandligi - h_f va yukoridagilar birgalikda

27.C va S_0 bo‘yicha podshipnikni tanlash sharti qanday?

S bo‘yicha tanlanadi; S_x bo‘yicha tanlanadi;

*$S_x \leq S$ bo‘yicha tanlanadi; $S \geq S_x$ bo‘yicha tanlanadi;

28.Rezba yuzasi va kesimlari qanday kuchlanishga tekshiriladi?

rezbaning yuzasi ezilishga tekshiriladi;

vint va gaykaning rezba asoslari kesilishga tekshiriladi;

*yuqoridagi har ikkalasi; ezilishga tekshirilmaydi;

29.Tasma tarmog‘idagi kuchlarning qiymati qanday aniqlanadi?

*$F_1=F_0+\Delta F$; $F_2=F_0-\Delta F$; $F_1+F_2=2F_0$; $F_1-F_2=F_t$

30.Dumalash podshipniklari qanday seriyalarga bo‘linadi?

juda ham yengil (2ta seriya); *juda yengil (2ta seriya);

yengil ogir o‘rta va yukoridagilarning xammasi

31.Mexanik uzatmalarning asosiy haraktikalari nimadan iborat?

quvvat; burovchi moment; burchak tezlik ; *uzatmani FIK va yukoridagilar birgalikda

32. Mustaxkamlik nima?

* $\sigma_{MAX} \leq [\sigma]$ $\tau_{MAX} \leq [\tau]$ $\varphi_{MAX} \leq [\varphi]$ $\vartheta_{MAX} \leq [\vartheta]$

33.Yassi tasmali uzatmalar qanday hisoblanadi?

tasma uchun material tanlanadi; yetaklovchi shkiv diametri aniqlanadi;

*yetaklanuvchi shkiv diametri aniqlanadi; uzatish soni aniqlanadi;

34.Avtomatik muftalar nima maqsadda ishlatiladi?

*asosiy maqsad zarur bo‘lgan hollarda vallarni bir – biridan avtomatik ravishda ajratish;

yetakchi valning harakatini to‘xtatmay, uni yetaklovchi val bilan ulash mumkin;

istalgan vaqtda ulash mumkun;

vallarda rezonans hodisasi bo‘lmaydi;

35.Shponkali birikmalarning avzallik va kamchiliklari nimadan iborat?

tuzilishi oddiy; yig‘im oson; qismlarga ajratish oson; *arzon;

36.Val va o‘qlarning xavfsizlik koeffitsenti qiymati qanday hisoblanadi?

$S = \frac{S_\sigma S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} \geq [S] = 1{,}5 \div 2.5$

* ;

$S_\sigma = \frac{\sigma - 1}{\frac{K_\sigma}{K_a K_F}\sigma_a + \varphi_\sigma \sigma_m}$;

$S_\tau = \frac{\tau - 1}{\frac{K_\sigma}{K_a K_F} \cdot \tau_a + \varphi_r \tau_m}$;

$\sigma_a = \sigma_{эг} = M_y / (0{,}1d^3)$;

37.Dumalash podshipnik turlari. Afzallik va kamchiliklarni nimadan iborat?

*zoldorli podshipniklar; zoldorli tirak podshipniklar;

rolikli podshipniklar; rolikli sorarik podshipniklar;

38.Qanday hollarda rolikli va qanday hollarda tishli zanjirlar ishlatiladi?

* kam yuklanishli va harakat tezligi nisbatan kichik uzatmalarda (rolikli);

katta tezlik bilan harakatlanuvchi uzatmalarda ishlatiladi (tishli);

har ikkalasi.

unday podshipniklar yuk

39.Sirpanish podshipniklarining ishlash jarayonida hosil bo‘ladigan ishqalanish turlari.

quruq ishqalanish; suyoqlikdagi ishqalanish;

nim quruq, nim suyuqlikda ishqalanish. *yuqoridagilar birgalikda to‘g‘ri

40.Bolt sterjeniga cho‘zuvchi (siquvchi) kuch ta’sir etganda, shu sterjendagi kuchlanish aniqlansin?

* $\sigma = \frac{4F}{\pi d_1^2} \leq [\sigma_r]$; $\sigma = 4F / \pi d_1^2$; $\tau = \frac{T_\rho}{W_\rho}$; $\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$;

41.Elastik elementli kompesatsiyalovchi mufta turlari, afzallik va kamchiliklari nimalardan iborat?

vtulka barmoqli mufta; elastik elementi yulduzsimon ko‘rinishda

elastik elementi metalmas bo‘lgan kompesatsiyalovchi mufta;

*elastik elementi metaldan tayyorlangan kompesatsiyalovchi mufta;

42.Dumalash podshipniklarining dumalash elementlari bo‘yicha turlarini aytib bering?

zoldorli podshipniklar; *rolikli podshipniklar;

ignasimon rolikli podshipniklar; rolikli ikki qatorli sferik podshipniklar;

43.Kontakt kuchlanish nima?

ikki shar; shar bilan tekislik; ikki silindr; *silindr va tekislik;

44.To‘g‘ri tishli silindrsimon g‘ildiraklarni eguvchi kuchlanish bo‘yicha hisoblash.

* $F_n = \frac{F_t}{\cos\alpha}$; $\sigma_F = \sigma_{эг} - \sigma_c$; $\sigma_{эг} = \frac{F_t \cdot l}{W}$; $\sigma_F = \frac{F_t K_{F2} V_F K_{FP} K_{FV}}{bm} \leq [\sigma_F]$.

45.Dumalash podshipniklari sirpanish podshipniklariga nisbatan afzalliklari nimada?

*dumalash podshipniklarining FIK sirpanish podshipniklarnikiga qaraganda yuqori bo‘ladi;
ishqalanish kuchi va undan hosil bo‘ladigan issiqlik miqdorining kichikligi vallarningn aylana boshlanishi uchun zarur bo‘lgan qo‘zg‘alish momentining sirpanish podshipniklaridagiga qaraganda bir necha marta (5÷10) marta kichikligi;
sarflanadigan moy miqdorining kamligi;
uzunlik bo‘yicha o‘lchamining sirpanish podshipniklarinikiga qaraganda birmuncha qisqaligi;

46.FIKni aniqlashda quvvat nimalarga sarf qilinadi?

* $\eta_1 = \frac{P_2}{P_1}$; $\eta_2 = \frac{P_3}{P_2}$; $\eta_3 = \frac{P_4}{P_3}$; $\eta_4 = \frac{P_5}{P_4}$.

47.Cherviyakli uzatmaning tishli uzatmalarga nisbatan afzalliklari nimadan iborat?

*bir pog‘onali uzatmada uzatish soni kinematik uzatmalar uchun i=500;
quvvat uzatadigan uzatmalarda i=8÷80;
I=120;
ravon va shovqinsiz ishlaydi;
o‘z – o‘zidan to‘xtaydigan qilib tayyorlashi mumkun.

48.GOST bo‘yicha podshipnik aylanish soni nima uchun chegaralangan?

* $L_h = \frac{a_1 a_2 (C/R_3)^2 \cdot 10^6}{60 \cdot n}$; $L_h = \frac{L \cdot 10^5}{6 \cdot n} \geq [L_h] coam$; $L_h \geq 5000 coam$; $L_h \geq 10000 coam$

49.Mustahkamlik shartlarini yozing.

* $\sigma_{MAX} \leq [\sigma]$; $\tau_{MAX} \leq [\tau]$; $\varphi_{MAX} \leq [\varphi]$; $f_{\max} < [f]$.

50.Vallarni bikrlikka hisoblan.

*(0,0002-0,0003) l siqilishning eng katta qiymati;
$[y]$ =0,01m silindrsimon g‘ildirak uchun;
$[y]$=0,005m konussimon tishli g‘ildirak uchun;
qiyalik burchagi 0,20… 1^0 gacha bo‘lishi mumkun.

51. Podshipnik elementi- separatorning vazifasi nimadan iborat?

*dumalash elementlarini bir – biridan ajratib turadi;
podshipnik separatorlari yumshoqroq uglerodli po‘lat materiallardan tayyorlangan;
katta tezlik bilan harakatlanuvchi podshipniklarda antifriksion materiallar ya’ni bronza metallokeramika;
poliametdan tayyorlangan separatorlar ishlatiladi.

52. K_ϑ, K_β- koeffitsent qiymatlari nimalarga bog‘liq?

K_ϑ- qo‘shimcha dinamik koeffitsent bo‘lib, u uzatmaning tezligi va aniqlik darajasiga bog‘liq;
K_β- qo‘shimcha dinamik kuchlarni hisobga oluvchi koeffitsent;
K_β- qiymatni chervyak kirim soni;
*uzatmaning uzatish soniga nisbatini tanlash mumkun.

53.Reduktorlarni turlarini aytin.

*yopiq tishli uzatma; silindrik g‘ildirakli; konussimon g‘ildirakli;

chervyakli uzatma;

54.Podshipniklar tayyorlash uchun ishlatildadigan materiallar:

*SHX15; SHX15ST; 18XGT; 20X2N4A

56.Tasmalarning ko‘ndalang kesimi bo‘yicha turlari qanday?

yassi; *ponasimon; yarim ponasimon ; aylanasimon

57.Mustahkamlik nima?

*deformatsiyalanishi meyorida bo‘lgan holda ma’sul vaqt davomida benuqson ishlay olish hususiyati;

bikrligi ta’minlanishi kerak; issiqbardoshlik; titrashga chidamliligi.

58.Chervyakli uzatmani FIK va uni oshirish yo‘llari nimalardan iborat?

kirimlar sonini orttirish hisobiga;

ishqalanish koeffitsiyenti kamayishi;

ishqalanish burchagini p’ ning qiymati kamayishi

*yuqoridagilarning xammasi birgalikda to‘g‘ri

59.Chervyakli uzatmadagi ilashishda kanday kuchlar hosil bo‘ladi?

*Aylana buylab yunalgan, markazga intiluvchi, uk buylab yunalgan kuchlar

Fakatbo‘ylama kuchlar hosil bo‘ladi

$F_{t2}=F_{a1}=2T_2/d_2$

$F_r=F_{t2}\ tg\alpha$

60.Mashina detallarining issiklikga chidamlilik shartini yezin.

mustahkamlik, bikrlik, issiqbardoshlik; yeyilishga chidamlilik

titrashga chidamlilik *$Q \langle Q_1$

61.Rezbali birikmalarni uz-uzidan bushab ketmasligini oldini olish uchun nimalar kilish kerak?

kontrgayka ishlatish kerak, shplintlash kerak

prujinali shayba kuyish kerak, gayka ostini kernolash kerak

*faqat A va B da to‘g‘ri berilgan

gayka kattik tortilsa bushab ketmaydi

62.Rezbani yuzasi va kesimlari qanday kuchlanishga tekshiriladi?

*ezilishga va kesilishga; faqat ezilishga; faqat kesilishga; A va B da to‘g‘ri keltirilgan

63.Ezilishga mustaxkamlik shartini yezing

*$\sigma_{Э3} \le [\sigma_{Э3}]$ $\tau_{MAX} \le [\tau]$ $\varphi_{MAX} \le [\varphi]$ $\vartheta_{MAX} \le [\vartheta]$

64.Mexanik uzatmalarning asosiy harakteristikalari nimalardan iborat?

burovchi moment, quvvat; burchak tezlik; uzatmani f.i.k.

*Yukoridagilarning xammasi birgalikda to‘g‘ri

65. «Bikrlik» atamasiga ta’rif bering

*Mashina detallarini tashki kuch ta’siri ostida elastik deformatsiyaga karshi tura olshi xususiyati;

tashqi kuchga qarshi turishi; yeyilishga qarshi turish qobiliyati;

tiklikka qarshi turishi;

66.Yuklanish koeffitsiyentiga ta’rif bering

$K = K_\beta K_V K_\alpha$

*Ish jarayenida ,val va tishli gildiraklarning elastik deformatsiyalari natijasida yuklanishni tish eni buyicha notekis taksimlanishini xisobga oluvchi koeffitsiyent

K_V - qo‘shimcha dinamik kuchlarni hisobga oluvchi koeffitsiyent;

K_α - kuchlanishni tishlararo notekis taqsimlanishini hisobga oluvchi koeffitsiyent;

67.Mashina detallari fanining vazifasi nima?

*barcha turdagi mashinalar uchun umumiy bo‘lgan detal va uzellarni hisoblash va loyihalash usullarini o‘rganuvchi fandir;

hisoblash usulini o‘rgatadi;

loyihalash usulini o‘rgatadi;

detalni hisoblash usulini o‘rgatadi;

68.Uzatmaning kinematik hisobi qanday bajariladi?

uzatmaning f.i.k. , talab kilingan kuvvat va shu kuvvatga karab zarur bulgan elektro dvigatel tanlanadi

uzatish soni aniqlanadi, aylanish chastotasi topiladi, burovchi moment topiladi.

uzatma mustaxkamligi tekshiriladi

*yuqoridagi A va B lar birgalikda to‘g‘ri

69.Elastik elementli kompensatsiyalovchi mufta turlari, afzallik va kamchiliklari nimalardan iborat?

vtulka – barmoqli, yulduzsimon elastik elementli

elastik elementi metall va metall bulmagan

elastik elementi metaldan tayyorlangan kompensatsiyalovchi mufta;

*A va B lardagi javoblar to‘g‘ri

70.Muftalarni vazifasi nimadan iborat?

vallarni o‘zaro biriktirish;

burovchi moment uzatish;

*val xarakatlarini uzatish, zarur bulganda, ularni ajratish, ulash, uzatmadagi montaj xatoliklarini kompensatsiyalash

harakatni doimo uzatib burish

Mashina detallar fanidan asosiy tushunchalar.

Mashina — detal va uzellar yig‘indisidan iborat bo‘lib, muayyan ishni bajarish uchun mo‘ljallangandir.
Detal’ — mashinaning bir xil materialdan tayyorlangan va alohida bo‘laklarga ajralmaydigan qismi. Masalan, bolt, gayka, val, shkiv, tishli g‘ildirak va boshqalar.
Uzel - mashinada ma’lum bir vazifani bajarish uchun mo‘ljallangan va bir necha detaldan tashkil topgan yig‘uv birligi. Masalan, podshipnik, mufta, reduktor va boshkalar.
Uzatma – mashinaning ishchi organiga dvigateldan quvvat uzatadigan va ularning aylanishlar chastotasini muvofiqlashtiradigan moslama.
Ishlash qobiliyati – mashina , uzel va detallarning parametrlarini texnik va meyeriy xujjatlarda keltirilgan parametrlariga muvofiqligini belgilovchi ko‘rsatkich.
Umrboqiylik – belgilangan vaqt ichida mashina va mexanizmlar ishlash qobiliyatini yo‘qotmaslik, texnik imkoniyati (resurs) yetarli darajada bo‘lishi.
Ishonchlilik – texnik vositalarining belgilangan muddat ichida to‘xtab qolmasdan ishlash ehtimolligi.
Buzilish (otkaz) – ishlash qobiliyatini yo‘qotish.
Ta’mirlashga yaroqlilik – texnik vositalar yordamida mashinalardagi buzilishlarni aniqlash va ularni ta’mirlash mumkinligi.
Texnologik qulaylik – detal qismlarining ishlab chiqarishni osonligi, iktisodiy samaradorligi va texnik taraqqiyotning yutuqlariga mos kelishiligi.
Tejamlilik - maxsulotlar (detal uzel va boshkalar)ni ishlab chiqarishda va ularni ekspluatatsiya qilishda moddiy va ma’naviy resurslardan qanday darajada foydalanilganini belgilaydi.
Mustahkamlik – detalning qo‘yilgan yuklanishga bardosh berib ish jarayonida sinmay va benuqson ishlay olish xususiyati.
Bikrlik – yuklama ta’sirida deformatsiyaga qarshilik ko‘rsatish qobiliyati.
Yeyilishga chidamlilik – yeyilishga qarshilik ko‘rsatish qobiliyati. Yeyilish – detallarning o‘zaro ishqalanish tufayli sodir bo‘ladigan jarayon bo‘lib, buning natijasida detallar o‘z o‘lchamlarini asta-sekin o‘zgartiradi.
Issiqbardoshlik – belgilangan tartibda qism va detallarning ishlash qobiliyati.
Mustahkamlik – detalning qo‘yilgan yuklanishga bardosh berib ish jarayonida sinmay va benuqson ishlay olish xususiyati.
Bikrlik – yuklama ta’sirida deformatsiyaga qarshilik ko‘rsatish qobiliyati.
Yeyilishga chidamlilik – yeyilishga qarshilik ko‘rsatish qobiliyati.
Yeyilish – detallarning o‘zaro ishqalanish tufayli sodir bo‘ladigan jarayon bo‘lib, buning natijasida detallar o‘z o‘lchamlarini asta-sekin o‘zgartiradi. ***Ishqalanish*** – bu shak-shubhasiz yuz beradigan shunday jarayonki, mashina detallarini zamonaviy moylash sistemasini ishlatishdan qathiy nazar, hamma turdagi mashinalarda hosil bo‘ladi.
Titrashga chidamlilik – mashina qismlarini belgilangan tezlikda, mashina qismlarida hosil bo‘ladigan titrashlar, mashina elementlarining ish jarayoniga ta’sir qilish darajasi.
Friksion uzatmalar Uzatmada harakat bir valdan ikkinchi valga ish yuzalaridagi siqish kuchi natijasida hosil bo‘lgan ishqalanish kuchi hisobiga o‘tkaziladigan uzatmalar

Tasmali uzatmaning ishlash layoqatini belgilovchi mezon - bu uzatmani tortish qobiliyati va tasmani xizmat qilish vaqti (umri);
Tasmali uzatmaning tortish qobiliyati - bu yuklanish joyida jilmay qolmasdan, uzatib berishidir.
Tishli uzatmalar- aylanma harakat bir valdan ikkinchi valga uzaro ilashgan tishli g‘ildiraklar vositasida uzatiladigan uzatmalar

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati.

3. A.Shoobidov “Nazariy mexanika asoslari”//T. “Yangi avlod”2008
4. I.Bibutov “Amaliy mexanika”//T.”yangi yo‘l poligrafiya servizi”2008
5. R.Axmedjanov “Nazariy mexanika”//T.“Yangi avlod”2008
6. T.R.Rashidov “Nazariy mexanika asoslari”//T.”O‘qituvchi” 1990
7. Y.Yoqubov “Nazariy mexanika ”//T.”O‘qituvchi” 1997
8. R.B.Daminova va boshqalar”Nazariy mexanika”elektron darslik 2006 DGU 01120
9. S.A.Yuldashbekov “Materiallar qarshiligi”T.”O‘qituvchi”1995
10. A.Nabiyev “Materiallar qarshiligi”T.”O‘qituvchi”2008
11. Mansurov “Materiallar qarshiligi”T.”O‘qituvchi”1993
12. N.S.Bibutov “Materiallar qarshiligi asoslari”T.”Minhoj”2003
13. B.K.Muxamedsaidov va boshqalar”Materiallar qarshiligi”elektron darslik 2007 DGU 01329
14. A.Jo‘rayev va boshqalar“Mexanizm va mashinalar nazariyasi” T.”O‘qituvchi” 2004
15. S.A.Yuldashbekov “Mexanizm va mashinalar nazariyasi” T.”O‘qituvchi” 2001
16. B.K.Muxamedsaidov, S.A.Yuldashbekov “Mexanizm va mashinalar nazariyasi” T.”Voris” 2006
17. G.SH.Zokirov “Mexanizm va mashinalar nazariyasi” T.”O‘qituvchi” 2002
18. I.Sulayemonov “Mashina detallari” T.”O‘qituvchi” 1981
19. R.Tojiboyev,A.Jo‘rayev , R.Maqsudov “Mashina detallari” T.”O‘qituvchi” 2010
20. A.V.Pyatayev, B.K.Muxamedjanov “Mashina detallari” T.”Moliya iqtisodiyot” 2007
21. B.K.Muxamedsaidov va boshqalar”Mashina detallari”elektron darslik 2005
22. B.K.Muxamedsaidov va boshqalar”Mashina detallarini mustahkamlikka hisoblash uchun misollar ”T. TDPU 2007