

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ**  
**ОЛИЙ ТАЪЛИМ, ФАН ВА ИННОВАЦИЯЛАР ВАЗИРЛИГИ**

**“ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ**  
**МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУХАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ”**  
**МИЛЛІЙ ТАДҚИҚОТЛАР УНИВЕРСИТЕТИ**

**“МЕХАНИКА ВА КОМПЬЮТЕРЛИ МОДЕЛЛАШТИРИШ” КАФЕДРАСИ**

**Эластиклик назарияси**

**МИРСАИДОВ МИРЗИЁД МИРСАИДОВИЧ**

**МАВЗУ- 1, 2: ЭЛАСТИКЛИК НАЗАРИЯСИНИНГ УМУМИЙ**  
**ТУШУНЧАЛАРИ**

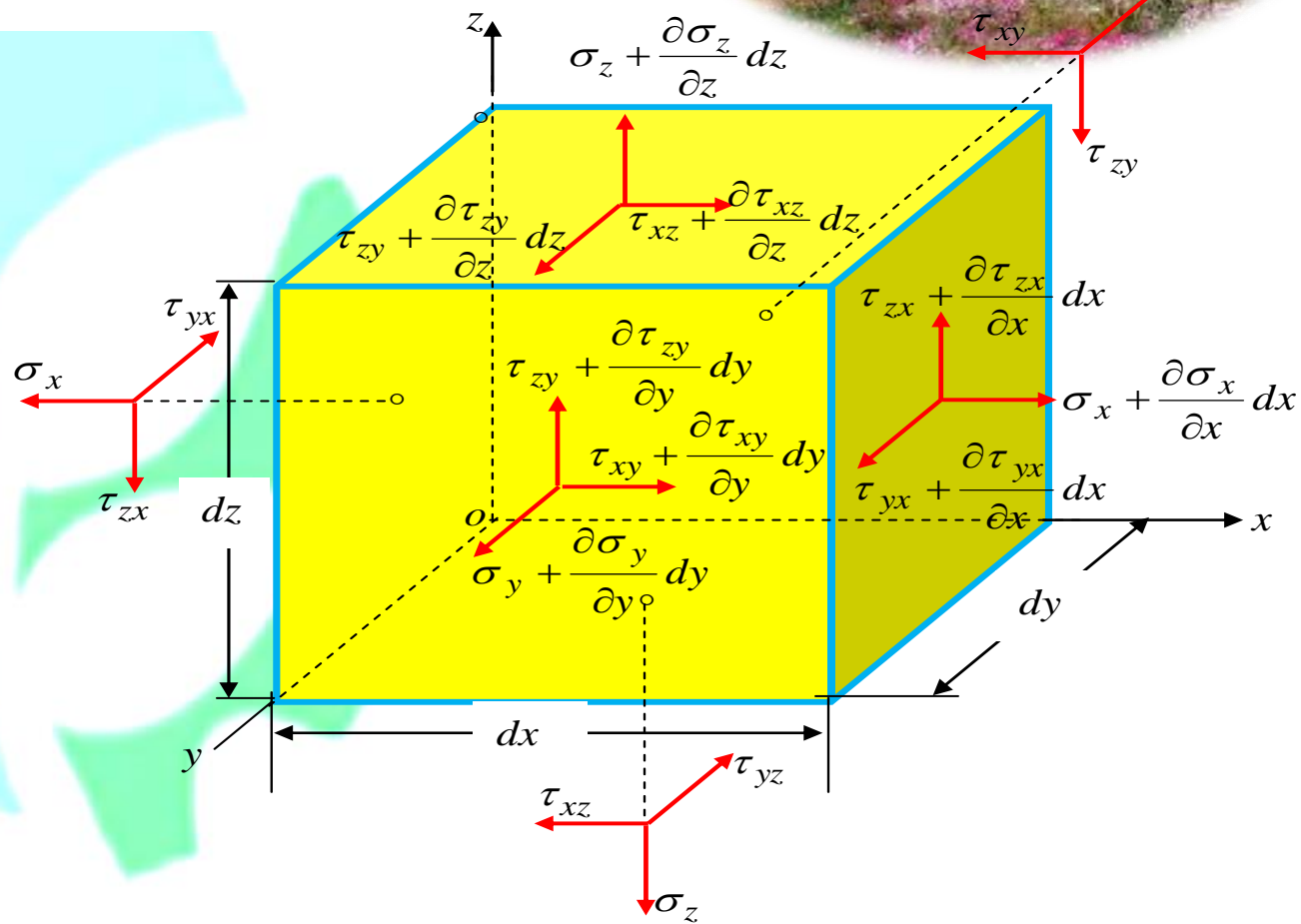
**ТОШКЕНТ-2023**



**TIQXMMI**  
"TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ  
XO'JALIGINI MEKANIZATSIYALASH  
MUHANDISLARI INSTITUTI"  
**MTU**  
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI



**МИРСАЙДОВ МИРЗИЁД  
МИРСАЙДОВИЧ  
т.ф.д., профессор**



# • 1-2 МАЪРУЗА

## • РЕЖА:

1. Эластиклик назариясининг мақсади ва предмети.
2. Эластиклик назариясининг гипотеза ва принциплари.
3. Ташки кучлар тўғрисида тушинча.
4. Кесиш усули ва ички кучлар.
5. Кучланишлар ва уларнинг компоненталари.

## 1.1 Эластиклик назарясининг макседи ва предмети

Эластиклик назарияси фани амалиёт учун катта ахамиятга эга булган механика фанининг асосий бир кисмини ташкил килади. Бу фан материаллар каршилиги, курилиш механикаси ва деформацияланиш билан боглик булган бошка фанларни фундаментал асосларини уз ичига олади.

**Биз ўқийдиган курсимиз давомида фақат эластиклик назарияси фанининг асосларини урганамиз.**

**Эластиклик назарияси фанининг мақсади ташқи куч, температура ва бошқа ташқи таъсирлар натижасида ихтиёрий геометрияга эга бўлган қаттиқ жисмларда ҳосил бўладиган деформация ва кучланишларни аниқлашни ўргатишни иборатдир. Бундай масалалар материаллар қаршилиги фанида ҳам ўрганилади лекин эластиклик назарияси узининг қаттиқ талаблари қаралаётган масалаларни ечишда ишлатиладиган ўзининг усуллар билан материаллар қаршилигидан фарқ қилади.**

Материаллар қаршилиги фанида асосан брус гуруҳидаги конструкция элементларида ҳосил бўладиган кучланиш ва деформациялар бир қанча геометрик ва физик гипотезаларни қўллаш орқали соддалаштирилган формулалар ёрдамида аниқланган эди.

**Эластиклик назариясида умуман турли геометрияларга эга бўлган қаттиқ жисмларда ҳосил бўладиган кучланиш ва деформациялар ҳеч қандай ёрдамчи соддалаштиришларсиз аниқланади.** Шу билан бирга эластиклик назарияси услублари билан ечилган масалалар материаллар қаршилигида ишлатиладиган формулаларини аниқлигини ва қўлланиш чегарасини аниқлашда ҳам катта аҳамиятга эга.

*ДЕФОРМАЦИЯЛАНУВЧИ ҚАТТИК ЖИСМ  
МЕХАНИКАСИ*

Эластиклик назарияси усуллари билан материаллар қаршилигининг содда формулалари ёрдамида ечиб бўлмайдиган амалиётда жуда кўп учрайдиган масалаларни ечиш мумкин.

Биз бу уқийдиган курсимиз давомида асосан чизиқлик эластиклик назарияси бўйича назарий маълумотларни ва шу йўналиш ёки соҳа бўйича қўйилган масалаларни ечиш услубларини куриб чиқамиз.

Чизиқлик эластиклик назариясининг предмети ўз ичига деформацияланувчан қаттиқ жисмларда ҳосил бўладиган кучланиш ва деформацияларни ўрганишда қуйидаги моделларга асосланади: жисмнинг бир бутун яхлитлигига; идеал эластиклигига; кучланиш ва деформация ўртасидаги боғланишнинг чизиқлилигига; деформация жараёнида кўчишнинг кичиклигига; материалнинг бир жинслилигига; материалнинг изотроплигига.



Шу моделларга асосланган чизиқлик эластиклик назарияси ҳозирги ахборот технологиялари ва ЭҲМда ҳисоблаш дастурлари ривожланган даврда ҳам турли муҳандислик, қурилиш ва машинасозлик конструкция элементларида ҳосил бўладиган кучланиш ва деформацияларни баҳолашда мавжуд ва янги тузиладиган ЭҲМ дастурлари асосини ташкил қилиб, катта аҳамиятга эга эканлигини кўрсатиб келмоқда.

## 1.2. Эластиклик назариясининг гипотеза ва принциплари

**Эластиклик назариясида** ҳам назарий асосларни ва ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқишда деформацияланувчан жисмда бўладиган барча хусусиятлар тўлиқ ҳисобга олиб бўлмайди. Шунинг учун **моделлар тузишда ва ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқишда бир қанча гипотеза ва принциплардан фойдаланишларга тўғри келади, яъни:**

**1. Асосий гипотеза жисмнинг бир бутун ёппасига тузилиш гипотезасидир.**

Бу гипотезага асосан ёппасига тузилган жисм деформациядан олдин ҳам, деформациядан кейин ҳам узлуксиздир, яъни эластик жисмнинг ҳажми материал билан тўладир (жисм зич бўлиб унинг ҳажмида бўшлиқ бўлмайди). Бундай жисмда ҳар бир ҳажм ва элементар микроҳажмлар ҳам узлуксиз бўлади.

**Эластиклик назариясида моддани дискрет ва атомистик тузилиши ҳисобга олинмайди.**

**2. Юкланмаган жисмда ҳеч қандай кучланиш мавжуд эмас,** яъни табиий ҳолатдаги жисм ҳеч қандай кучланиш таъсирида бўлмайди.

**3. Жисм материалининг физик хоссаси унинг барча нуқталари учун бир хил,** яъни жисм изотроп ва бир жинслидир.

4. Жисмда ҳосил бўладиган кучланиш деформацияга нисбатан, пропорционал равишда ўзгаради (Гук қонуни).

5. Агар жисмнинг озгина бир қисмига мувозанатланган куч системаси қўйилган бўлса, жисмнинг куч қўйилган қисмидан узоқлашган сари жуда тез камаювчи кучланиш ҳосил бўлади (Сен-Венан принципи);

Бу гипотеза ва принциплардан ташқари чизиқли эластиклик назариясида қуйидаги ёрдамчи тушунчалар ҳам ишлатилади:

*a)* жисмдаги нисбий кўчиш жисмнинг чизиқли ўлчовларига қараганда жуда кичикдир;

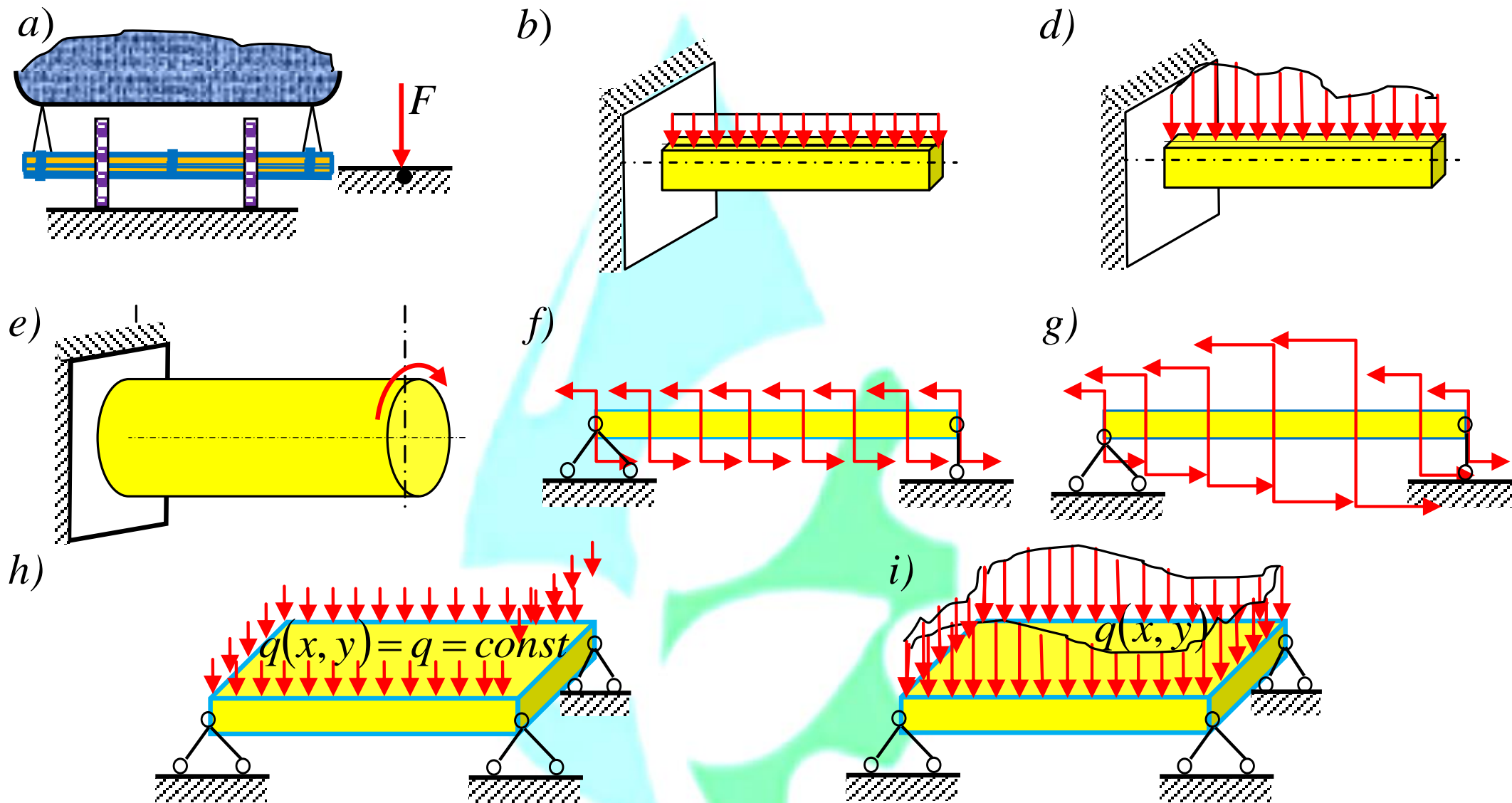
*b)* жисмнинг нисбий узайиши ва нисбий силжиши бирга нисбатан анча кичикдир;

*d)* жисмнинг буралишда ҳосил бўлган бурчак бирга нисбатан жуда кичикдир.

Шу бурчакни квадрати эса нисбий узайиш ва нисбий силжишдан анча кичикдир.

### 1.3. Кучлар ва кучланишлар

Жисмга таъсир этувчи барча кучлар икки гуруҳга бўлинади: жисмнинг сиртига таъсир этувчи **сиртқи кучлар** ва жисмнинг бутун ҳажми бўйлаб тарқалган **ҳажмий кучлар**. Бу кучларни қуйидаги гуруҳларга бўлиш мумкин: Жисмга қўшни бўлган иккинчи жисмдан ўтувчи кучлар **сиртқи кучлар** деб аталади. **Сиртқи кучлар конструкция сирти юзасига ёки унинг элементининг бирор сирти юзаси бўйича тақсимланган бўлиши мумкин.** Конструкция элементларига қўйилган сиртқи куч турларини қуйидагича кўрсатиш мумкин, яъни: тўпланган кучлар (1.1 *a, e* - расмлар), текис тақсимланган кучлар (1.1 *b, f, h* - расмлар) ва ихтиёрий тақсимланган кучлар (1.1 *g, d, i* - расмлар).



1.1.-расм. Конструкция элементларига таъсир қилувчи сиртқи кучлар

**Чизик бўйича тақсимланган кучлар узунлик бирлигига тўғри келган кучнинг миқдори билан характерланиб, ўлчов бирлиги  $N/m$  . Юза бўйича тақсимланган кучлар эса юза бирлигига тўғри келган кучнинг миқдори билан характерланиб, ўлчов бирлиги  $N/m^2$ , (Pa) – Паскаль бўлади.**

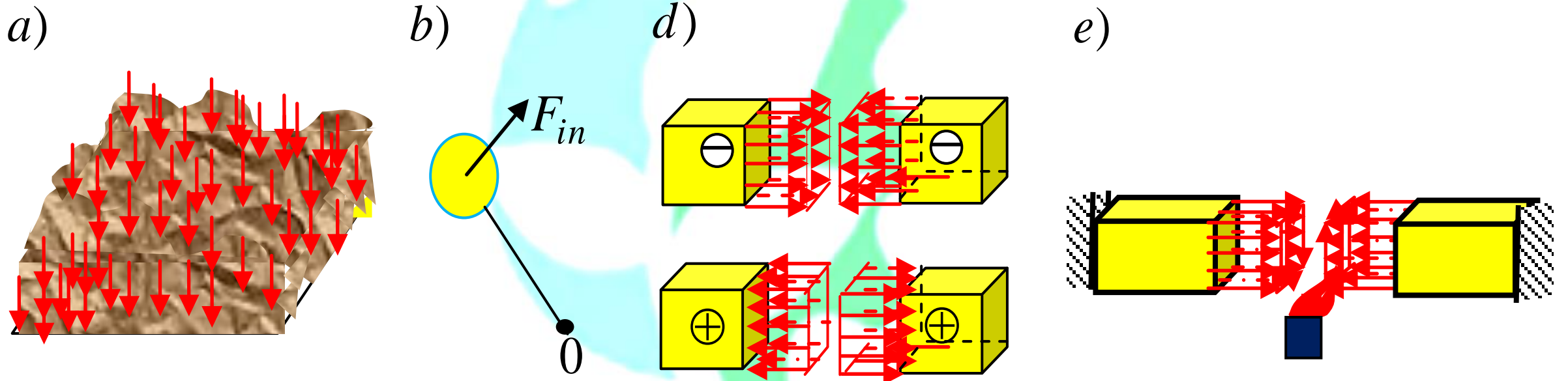
Конструкцияларнинг стерженли элементларини ҳисоблашда сирт бўйича тақсимланган кучлар стержент узунлиги бўйича чизикли қонун асосида тақсимланган кучларга келтирилади (1.1 *b, d, f, g* - расмлар). Тақсимланган сиртки кучларга мисол сифатида деворни фундаментга, цилиндрик идишдаги суюқликнинг босимини, қорнинг бино томига босимини, шамолнинг таъсирини ва бошқаларни келтириш мумкин.

Конструкция ўлчамига нисбатан жуда кичик сиртига таъсир этувчи кучлар *тўпланган кучлар* деб аталади ва уларни *бир нуқтага қўйилган* деб фараз қилинади (1.1 а, е - расмлар). Тўпланган кучларнинг ўлчов бирлиги Ньютон (N).  $1N=1kg*1m/sek^2$

Жисмнинг ички барча заррачаларига таъсир этувчи кучлар *ҳажмий (ёки масса) кучлар* деб аталади. *Ҳажмий кучларга* мисол қилиб жисмнинг хусусий оғирлигини, инерция кучларини, ҳарорат таъсирида ва магнит тортиши таъсирида ҳосил бўладиган кучларини келтириш мумкин.



Бу кучларнинг ўлчов бирлиги  $N / m^3$ . Ҳажмий кучларнинг турли хил конструкция элементларига таъсири 1.2-расмда келтирилган, яъни: жисмларнинг хусусий оғирлиги (1.2 *a*)-расм), инерция кучлари (1.2 *b*-расм), магнитларнинг тортишиш кучлари (1.2 *d*)-расм) ва ҳароратнинг ўзгаришидан ҳосил бўлган кучлар(1.2 *e*)-расм).



1.2 - расм. Конструкция элементларига таъсир қилувчи ҳажмий кучлар

**Статик ва динамик юклар.** Юк ўз миқдори, қўйилган нуқталари ёки йўналишларини секин-аста охириг қийматигача ўзгартирадиган бўлса (яъни тезланишларсиз) бундай юкларга **статик юклар** дейилади.

Юклар ўз миқдор ва қўйилган нуқталарини жуда қисқа вақт мобайнида жуда катта тезлик билан ўзгартирса, бундай юкларга **динамик юклар** дейилади. Бу ҳолда конструкцияларга таъсир қилаётган инерция кучларини эътиборга олиш шарт бўлади.

**Доимий ва вақтинча юклар.** Юкларни бундай турларга бўлиш конструкция элементлари ҳисоблаш усули билан асосланиб, айрим ҳолларда ишонччилик юк коэффициентини киритиш ва эҳтиётлик коэффициентларини киритиш билан тушунтирилади.

Конструкцияларни эксплуатация қилиш жараёнида таъсир этадиган юклар доимий юклардир (масалан хусусий оғирлик).

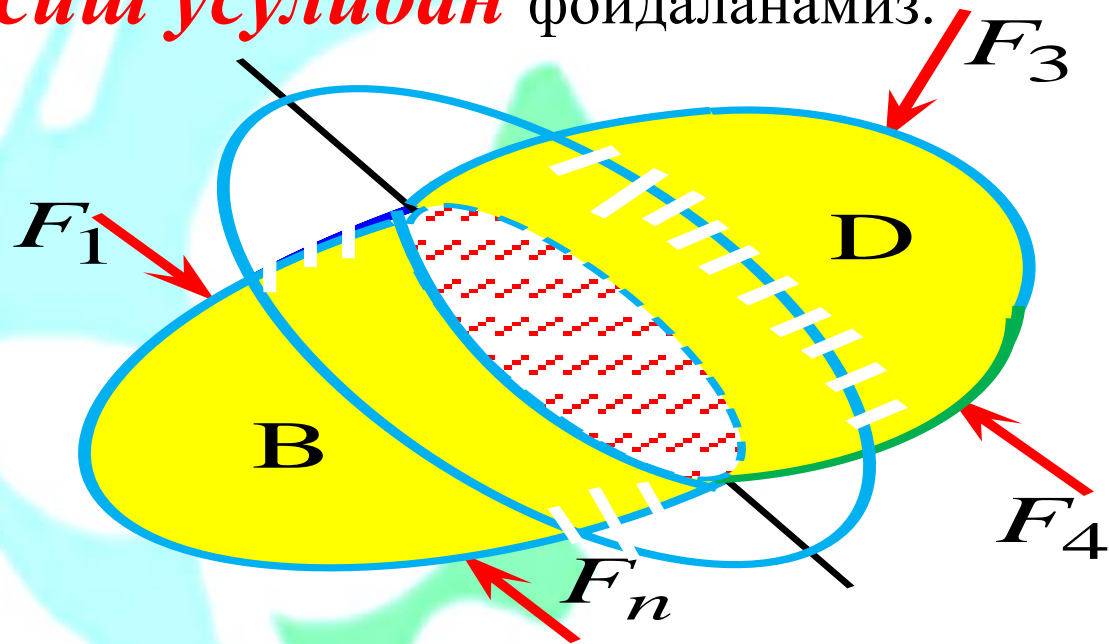
Вақтинча юк маълум бир даврда таъсир этади. Масалан, одамларнинг ва жиҳозларнинг бино ёпилмаларига босими, шамолнинг минорага босими зилзилаларни биноларга таъсири ва бошқалар. Эксплуатация жараёнида бу юкларнинг таъсир этиш характери ва миқдори жиддий ўзгариши мумкин.

Жисм ташқи таъсир натижасида (куч, температура ва бошқа) гарчи мувозанатда бўлса ҳам, маълум даражада деформацияланади. Бунинг натижасида жисмнинг заррачалари бир-биридан қочишга ёки ўзаро яқинлашишга интилади, ана шу интилишда ҳосил бўлган реакция кучлари заррачалар мувозанатини сақлайди. Заррачалар мувозанатини сақловчи реакция кучлар ***ички кучлар*** ёки ***зўриқиш кучлари*** деб аталади. Биз уқийдиган курсимизда асосан шу кучлар билан ишлаймиз.

Жисм кесимларида ҳосил бўладиган зўриқиш кучларининг тенг таъсир этувчисини топиш учун кесим усулидан фойдаланилади. Жисм унга қўйилган

$$F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$$

кучлар системаси ва ҳар бир заррада ҳосил бўлган реакция кучлари таъсирида мувозанатда бўлади (1.3-расм). Қаралаётган жисмнинг кесимларида ҳосил бўлган ички кучларни аниқлаш учун **кесим усулидан** фойдаланамиз.



1.3- расм. Ташқи кучлар таъсирида мувозанат ҳолатдаги жисм

Ички зўриқиш кучлар интенсивлигининг юза

бирлигидаги миқдори **кучланиш** деб аталади.

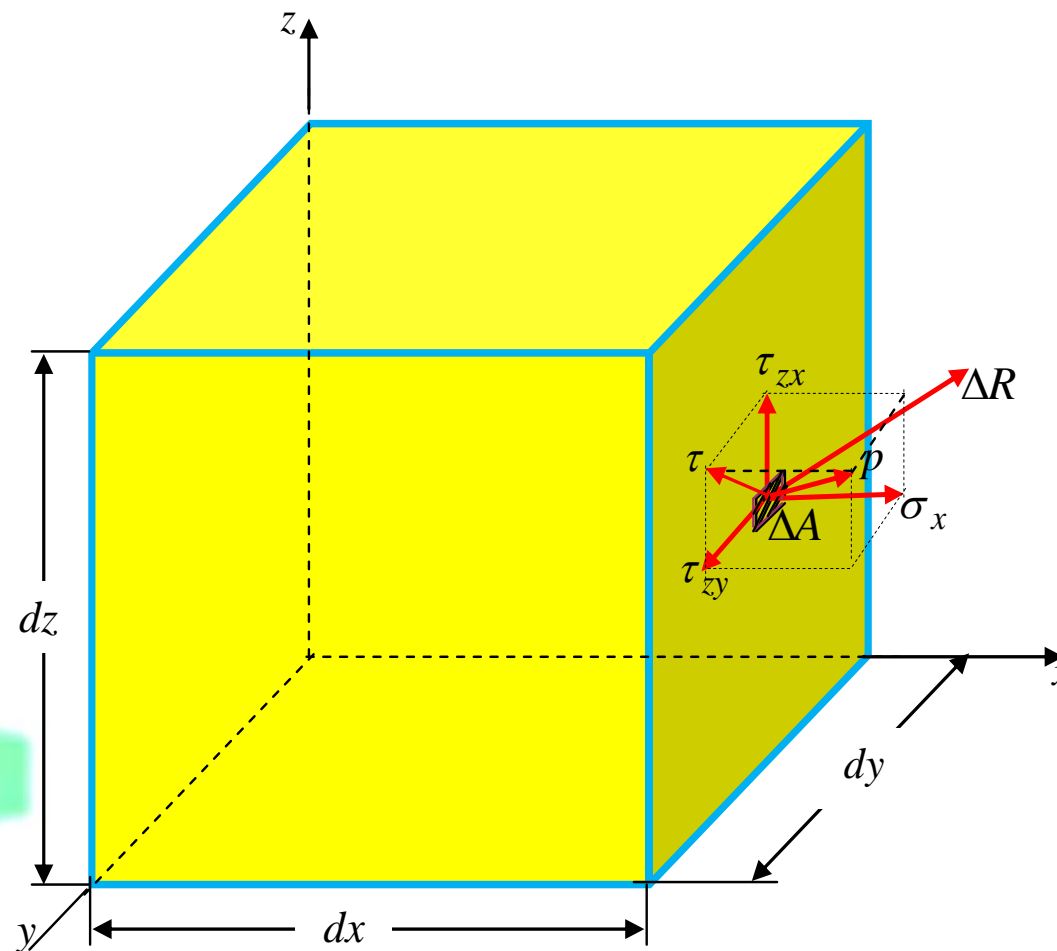
Ташқи куч таъсирида бўлган жисмнинг бирор

$M(x, y, z)$  нуқтасининг кучланганлик ҳолатини

текшириш учун, шу нуқта атрофида томонлари  $dx$ ,

$dy$ ,  $dz$  бўлган чексиз кичик элементар

параллелепипедни ажратиб оламиз (1.4-расм).



1.4-расм. Ташқи куч таъсирида бўлган жисмдан ажратиб олинган чексиз кичик элементар параллелепипед

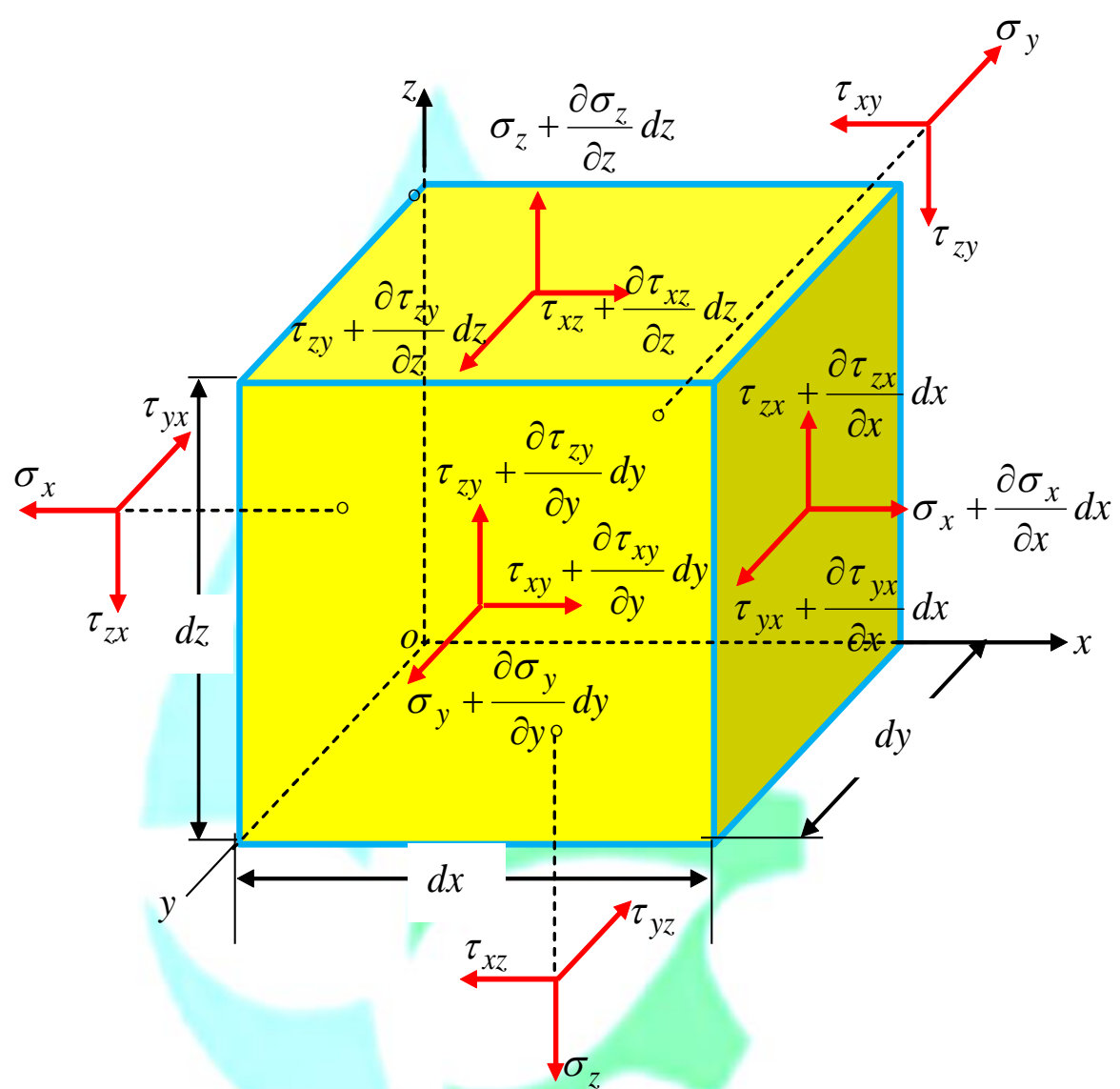
Қаралаётган параллелепипеднинг бирор томонидан ажратиб олинган  $\Delta A$  элементар юзачага таъсир қилаётган ички кучни  $\Delta R$  билан белгиласак, унда тўла кучланиш қуйидаги формуладан топилади:

$$p = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta R}{\Delta A}.$$

Шу  $\Delta A$  юзачага таъсир қилаётган тўла кучланишни иккита кучланишга ажратиш мумкин, яъни юзачага перпендикуляр бўлиб,  $x$  ўқи бўйича йўналган нормаль  $\sigma_x$  кучланишга ва юза бўйича йўналган уринма  $\tau$  кучланишга. Ўз навбатида уринма  $\tau$  кучланишни ўқлар бўйича ташкил этувчи  $\tau_{yx}$ ,  $\tau_{zx}$  ларга ажратиш мумкин

Нормал кучланишни белгилашда агар юза  $x$  координатага перпендикуляр булиб, кучланиш хам шу координата буйича йуналган булса у холда кучланиш  $\sigma_x$  деб белгиланади. Уринма кучланиш  $\tau$  ни белгилашда биринчи индекс шу кучланишни кайси координата буйича йуналганини курсатиб иккинчи индекс кайси координатага перпендикулярлигини курсатади, яъни  $\tau_{zx}$  бу кучланиш  $z$  координатаси буйича йуналган булиб,  $x$  координатасига перпендикуляр юзага таъсир килаяпти.

Худди шунингдек, параллелепипеднинг  $x, y, z$  координата ўқларига нормал бўлган юзаларидаги нормал  $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$  ва уринма  $\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}, \tau_{yx}, \tau_{zy}, \tau_{xz}$  кучланишларнинг узгаришларини куриб чикамиз (1.5-расм).



1.5-расм. Кучланишлар таъсиридаги чексиз  
элементар параллелепипед



Бу томонларга қарама-қарши турган томондаги кучланишлар кичик миқдордаги ортторма билан фарқланади, чунки бу қарама-қарши томонлар бир-биридан чексиз кичик масофа, яъни  $dx, dy, dz$  масофада бўлгани учун кучланишлар ҳам чексиз кичик миқдорга ўзгаради. Масалан ноль нуқтадан утувчи юзачадаги  $\sigma_x; \tau_{yx}; \tau_{zx}$  кучланишлар булса,  $dx$  масофада жойлашган  $x$  ўқига перпендикуляр юзачадаги кучланишлар (1.5-расм) эса қуйидагича бўлади:

$$\sigma_x + \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} dx; \quad \tau_{yx} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} dx; \quad \tau_{zx} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} dx. \quad (1.2)$$

Бундан келиб чиқадики, нуқта атрофидан ажратиб олинган элементар параллелпипеднинг **томонларига таъсир қилувчи кучланишлар умумий ҳолда 9 та бўлиб**, у қуйидагича ёзилади.

$$T_{\sigma} = \begin{vmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{vmatrix}. \quad (1.3)$$

Бу матрица **кучланиш тензори** деб аталади. Нормал кучланишлар матрицанинг бош диагонали бўйича жойланади.

Уринма кучланишлар (Материаллар қаршилигида кўрилган) жуфтлик қонунига асосан ушбу матрицанинг бош диагоналга нисбатан симметрик жойлашади. Қарама-қарши текисликдаги уринма кучланишлар бир-бирига нисбатан тескари йўналган бўлиб, қийматлари тенг бўлганлиги учун (1.3) матрицани қуйидаги анча содда кўринишда ёзиш мумкин:

$$T_{\sigma} = \begin{vmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{xy} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & \sigma_z \end{vmatrix}. \quad (1.4)$$

Шундай қилиб, деформацияланувчан қаттиқ жисмнинг ихтиёри нуқтасида ҳосил бўлиши мумкин бўлган кучланишлар **сонини 9 тадан 6 тага келтирилади**. Матрицани элементлари кучланиш тензорини компоненталари дейилади.

Нормаль кучланиш нормаль йўналиши бўйича йўналган бўлса мусбат, тескари йўналган бўлса манфий деб олинади. Шу билан бирга нормал кучланиш мусбат деб ҳисобланади, агар у чўзувчи бўлса, акс ҳолда манфий деб. Уринма кучланишлар эса иккита координата ўқларининг мусбат йўналиши бўйича йўналаган бўлса мусбат деб ҳисобланади. Кучланишлар Паскаль ва мега Паскалларда, яъни  $Pa$ ,  $MPa$  ўлчанади. Келгусида (1.4) тензорнинг хоссаларида фойдаланиб деформацияланувчан қаттиқ жисмнинг мувозанат ҳолатининг дифференциал тенгламлар системаси тузилади ва эластик назариясининг кўп масалалари ечилади.

$$\begin{array}{ll}
 1 \text{ kgk/sm}^2 = 1 \text{ atm} & 9,81 \cdot 10^4 \approx 10^5 \text{ N/m}^2 \approx \\
 & \approx 0.1 \text{ MPa} \\
 1 \text{ kgk/m}^2 & 9,81 \approx 10 \text{ N/m}^2 \approx \\
 & \approx 10 \text{ Pa} \\
 1 \text{ tk/m}^2 & \approx 10000 \text{ Pa}
 \end{array}$$

# НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Конструкцияларга таъсир этувчи кучлар қандай гуруҳларга бўлинади?
2. Ҳажмий кучини изоҳлаб беринг?
3. Тўпланган куч деб қандай кучга айтилади?
4. Статик юк деб қандай юкга айтилади?
5. Динамик юк деб қандай юкга айтилади?
6. Ички кучни изоҳлаб беринг?
7. Қирқиш усулини изоҳлаб беринг?
8. Кучланиш деб нимага айтилади?
9. Тўла кучланишни изоҳлаб беринг?
10. Тўла кучланишни қандай кучланишларга ажратиш мумкин.
11. Нормаль кучланишдаги индекс нимани билдиради. *ДЕФОРМАЦИЯЛАНУВЧИ ҚАТТИК ЖИСМ МЕХАНИКАСИ*

# ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. *Ўрозбоев М.Т.* Материаллар қаршилиги II қисм. Олий ўқув юртлари учун дарслик. “Ўқитувчи нашриёти” Тошкент –1966. 488 бет.
2. *Xolmuradov R.I., Xudoynazarov X.X.*, Elastiklik nazariyasi: darslik. I-II qism. – Toshkent, FAN, 2003.
3. *Хамраев П.Р., Рахманов Б.Қ.* “Эластиклик ва пластиклик назарияси” фанидан ўқув қўлланма /Тошкент архитектура–қурилиш институти . Тошкент, 2005, 103 бет.
4. *Самуль В.И.* Основы теории упругости и пластичности: учеб. пособие для студентов вузов. –2-е изд., перераб. –М.: Высш. школа, 1982. –264 с.

# ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

5. *Shirinqulov T., Ismayilov K., Qo'ldashev A.* Elastik-plastik plastinkalar hisobi: – Toshkent. Tafakkur-bo'stoni, 2012, 240 – b.
6. *Mirsaidov M.M., Matkarimov P.J., Godovannikov A.M.* Materiallar qarshiligi: darslik. Toshkent: “Fan va texnologiya”, 2010.- 412 бет.
7. *Стружанов, В.В., Бурмашева Н.В.* Теория упругости: основные положения : учеб. пособие/М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 204 с.



**TIQXMMI**  
"TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ  
XO'JALIGINI MEKANIZATSIYALASH  
MUHANDISLARI INSTITUTI"  
**MTU**  
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI



# ЭЪТИБОРИНГИЗ УЧУН РАХМАТ!



**МИРСАЙДОВ МИРЗИЁД МИРСАЙДОВИЧ**



 + 998 71 237 09 81

 [theormir@mail.ru](mailto:theormir@mail.ru)