

**МИРСАИДОВ М.М.
БАЙМУРАДОВА Л.И.
ГИЯСОВА Н.Т.**

НАЗАРИЙ МЕХАНИКА

**Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта
махсус таълим вазирлиги томонидан олий
ўқув юртларининг бакалаврият талабалари
учун ўқув қўлланма сифатида
тавсия этилган**

ТОШКЕНТ - 2008

УДК 531. 075.8

Мирсаидов М.М., Баймурадова Л.И., Гиясова Н.Т.

Назарий механика: Олий ўқув юртлари талабалари учун ўқув қўлланма. Тошкент, «Ўзбекистон», 2008, 246 бет, ил. 212 та.

Ушбу ўқув қўлланма *олий ўқув юртларининг қурилиши, муҳандислик, сув хўжалиги, транспорт ва касбий таълим соҳалари бўйича билим олувчи бакалавриат талабалари учун мўлжалланган*. Ўқув қўлланмада назарий маълумотлар бакалавриатура талабларидан келиб чиққан ҳолда қисқача баён қилинган бўлиб, механиканинг статика бўлимидаги текисликда жойлашган кучларни қўшиш ва мувозанат шартлари фазодаги кучлар системасининг хусусий ҳоли сифатида ёритилган; кинематика бўлимидаги кинематик катталиклар аввал вектор усулида берилиб, сўнгра координата ва табиий усулда келтириб чиқарилган; динамика бўлимида эса қаттиқ жисм ва моддий нуқта динамикасининг умумий теоремалари хусусий ҳол сифатида баён этилган.

Қўлланмада кўплаб масалалар олий ўқув юртларининг ихтисосликларига мослаб танланган бўлиб, амалий масалаларни ҳал этишда назариядан олган билимлардан қандай фойдаланиш ва натижаларни таҳлил қилиш кўрсатиб берилган.

Маъсул муҳаррир: Ўзбекистон миллий университети доценти,
ф.-м.ф.н. Б.Атажанов.

Тақризчилар: Тошкент Давлат техника университети
“Назарий механика, машина деталлари, сервис
техникаси ва технологияси” кафедраси:
т.ф.д., профессор К.А.Каримов.

Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат
институтининг “Назарий механика ва материаллар
қаршилиги” кафедраси:
т.ф.д., профессор Т.М.Мавлонов.

Мазкур ўқув қўлланма Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2007 йил 28 августдаги 177-буйруғига асосан берилган №1251 сонли ўқув адабиётлари грифи гувоҳномаси асосида босилди.

УДК 531. 075.8

Мирсаидов М.М., Баймурадова Л.И., Гиясова Н.Т.
«Назарий механика»дан ўқув қўлланма

Ўқув қўлланмада назарий маълумотлар бакалавриатура талабларидан келиб чиққан ҳолда қисқача баён қилинган бўлиб, механиканинг статика бўлимидаги текисликда жойлашган кучларни қўшиш ва мувозанат шартлари фазодаги кучлар системасининг хусусий ҳоли сифатида ёритилган; кинематика бўлимидаги кинематик катталиклар аввал вектор усулида берилиб, сўнгра координата ва табиий усулда келтириб чиқарилган; динамика бўлимида эса қаттиқ жисм ва моддий нуқта динамикасининг умумий теоремалари хусусий ҳол сифатида баён этилган.

Қўлланмада кўплаб масалалар олий ўқув юртларининг ихтисосликларига мослаб танланган бўлиб, амалий масалаларни ҳал этишда назариядан олган билимлардан қандай фойдаланиш ва натижаларни таҳлил қилиш кўрсатиб берилган.

Ушбу ўқув қўлланма *олий ўқув юртларининг қурилиш, муҳандислик, сув хўжалиги, транспорт ва касбий таълим соҳалари бўйича билим олувчи бакалавриат талабалари учун мўлжалланган*

М.М.Мирсаидов, Л.И. Баймурадова, Н.Т.Гиясова
Учебное пособие по Теоретической механике

В учебном пособии приводятся основные понятия и теоремы статики, кинематики и динамики. В отличие от других учебников здесь предложен общий подход к решению различных задач. Так равновесие плоской системы сил рассматривается как частный случай пространственной, координатный и естественный способ описания характеристик движения - как частный случай, описываемый в векторной форме, а динамики материальной точки и динамики твёрдого тела излагаются как частный случай общих теорем динамики механических систем. Изложенный материал снабжен достаточным количеством задач с подробным их решением в нескольких вариантах.

Предлагаемое учебное пособие предназначено для *студентов бакалавриата, обучающихся инженерным специальностям по направлениям водного хозяйства, строительства, машиностроения, транспорта и педагогов по этим специальностям.*

M.M.Mirsaidov, L.I.Baymuradova, N.T.Giyasova
The manual on “The theoretical mechanics”

In the manual the cores concept and theorems of statics, kinematics and dynamics are resulted. Unlike other textbooks transition from the general to the particular, for example, balance of flat system of forces is considered as a special case spatial, a coordinate and natural way of the description of characteristics of

movement as a special case described in the vector form and the common theorems of dynamics are proved for mechanical systems, and theorems of dynamics of a firm body and a material point are stated as a special case. The stated material is supplied by enough of tasks with their detailed decision in several variants.

The offered manual is intended *for students of a bachelor degree of directions of a water management trained on engineering specialities, construction, mechanical engineering and teachers.*

Сўз боши

Ҳозирги замон фан-техникасининг ва компютер технологиясининг ривожланиши олий ўқув юртлари ўқув жараёнига янгидан-янги фанларни киритишга олиб келди. Мамлакатимиз олий таълимида бир поғонали тизимдан икки поғонали бакалавр-магистр тизимига ўтилиши, барча техника фанлари қатори назарий механика фанининг ҳам ўқув соатлар ҳажмини, оз бўлсада, қисқартирилди. Олий ўқув юртларида таълим олаётган талабалар учун Республикамиз Давлат таълим стандартларидан келиб чиққан ҳолда ҳозирга қадар “Назарий механика” фанининг қисқа курси яратилган эмас.

Лекин муҳандислик ишларида муаммоли ва тадбиқий масалаларни ҳал этишда назарий механика фани фундаментал предметлардан бири ҳисобланади. Шунинг учун мазкур курсни лотин ва кирилл графикасида чоп этиш долзарб масала бўлиб, айниқса қисқа вақт ичида бўлажак мутахассисларга назарий механикадан зарур бўлган назарий ва амалий билим ва кўникмаларни мукамал, содда ва ровон тилда етказиш муҳум бўлиб қолди. Шуларни эътиборга олиб ушбу ўқув қўлланма яратилди.

Мазкур ўқув қўлланмада назарий механиканинг статика бўлимидаги жуфт momenti вектори ҳақидаги теоремалар векторлар алгебрасидаги тушунчалар асосида қисқача талқин этилди. Жуфт momenti векторига оид бошқа теоремалар хусусий ҳол сифатида ёритилди. Кучлар системасини қўшиш фазода жойлашган кучлар учун берилиб, сўнгра текисликда жойлашган кучлар системасига тегишли назарий маълумотлар хусусий ҳол кўринишида келтириб чиқарилди. Шунингдек, кинематика бўлимидаги моддий нукта ва жисм нуктаси тезлик ҳамда тезланишлари вектор усулда кейин координата, табиий усулларда баён қилинди.

Қўлланмада назарий механиканинг принципларидан Даламбер, мумкин бўлган кўчиш, Даламбер-Лагранж принциплари тўлиқ тушунтирилиб берилди. Динамиканинг умумий теоремалари эса система учун ёритилди, сўнгра қаттиқ жисм ва моддий нукта учун хусусий ҳол сифатида келтириб чиқарилди.

Тақдим этилаётган қўлланмада кўпгина масалалар ҳал этилган

бўлиб, улар олий ўқув юртларининг ихтисосликларига мослаб танланган. Бу қўлланмадан техника ва педагогика олий ўқув юртларининг талабалари фойдаланишлари мумкин.

Қўлланма қўлёзмасини ўқиб чиқиб, унинг сифатини ошириш борасида берган маслаҳатлари учун Республикамиз олий ўқув юртларининг профессор, ўқитувчиларига, жумладан профессорлар К.С.Султонов, А.Р.Ризаев, ТДТУ профессори К.А.Каримов, ТТЕСИ профессори Т.М.Мавлонов ҳамда ТДМУ доценти Б.Атажоновга муаллифлар ташаккур билдирадilar.

Ўрнатли устозлар ва соҳа мутахассислари! Дарсликдаги камчиликлар бўйича фикр ва мулоҳазаларингизни қуйидаги манзил бўйича билдиришингизни сўраймиз.

100000, Тошкент, Қори-Ниёзий кўчаси 39-уй, ТИМИ, "Назарий ва қурилиш механикаси" кафедраси. E-mail: theormir@mail.ru

Кириш

Назарий механика моддий жисмларнинг бир-бирига таъсири ва механик ҳаракатларнинг умумий қонунлари ҳақидаги фандир.

Вақт ўтиши билан фазода моддий жисмларнинг бир-бирига нисбатан ўрин алмаштириши *механик ҳаракат* деб аталади.

Жисмнинг барча хоссаларини ҳисобга олган ҳолда содир бўладиган механик ҳодисаларни назарий ва амалий жиҳатдан текшириш жуда мураккабдир. Шунинг учун механикада моддий нуқта ва абсолют қаттиқ жисм тушунчалари киритилади.

Механик ҳаракатни ёки мувозанатни текшираётганимизда ўлчамлари ва шаклини аҳамияти бўлмаган жисм *моддий нуқта* деб аталади.

Жисм ҳаракати текшириляётганда унинг иккита нуқтаси орасидаги масофа доим ўзгармасдан қолса, уни *абсолют қаттиқ* жисм дейилади.

Табиатда абсолют қаттиқ жисм йўқ, ҳар қандай жисм оз бўлса-да деформацияланади. Агар бу ўзгариш жисмнинг ўлчамларига нисбатан жуда кичик бўлса, механик ҳаракатни текширишда мазкур ўзгариш эътиборга олинмайди.

Назарий механиканинг асосий қонунлари кузатиш ва тажриба натижаларига асосланади

Биз ўрганадиган назарий механика Г.Галилей (1564 — 1642) ва И.Ньютон (1643 — 1727) томонидан таърифлаб берилган қонунларига асосланган бўлиб, классик механика деб аталади. Классик механикада вақт ва фазо жисмларнинг ҳаракатига боғлиқ эмас деб қаралади. Шунингдек, жисмнинг массаси унинг тезлигига боғлиқ бўлмаган ўзгармас миқдор деб олинади.

Классик механикада моддий жисмларнинг ҳаракати уч ўлчовли Евклид фазосига нисбатан текширилади ҳамда фазони мутлақо

кўзгалмас деб қаралади. Ҳаракат ўлчовига оид катталиклар Евклид геометрияси асосида олинади.

Халқаро СИ системасида вақт бирлиги қилиб секунд (s), узунлик бирлиги учун метр (m), масса бирлиги қилиб kg , куч бирлиги учун Ньютон (N) қабул қилинган.

Назарий механика, масаланинг қандай нуқтаи назардан қўйилишига қараб, *статика*, *кинематика* ва *динамика* қисмларига ажратилади.

Механиканинг *статика* бўлимида жисмларнинг мувозанати ва кучлар ҳақидаги асосий тушунчалар ўрганилади. Бу ҳолат механик ҳаракатнинг хусусий ҳоли ҳисобланади. *Кинематикада* жисмларнинг ҳаракати, бу ҳаракатни юзага келтираётган ёки уни ўзгартираётган сабаблар эътиборга олинмай, ҳаракат геометрик нуқтаи назардан ўрганилади. *Динамикада* жисмларнинг механик ҳаракатлари шу ҳаракатни вужудга келтираётган сабабларга боғлаб ўрганилади.

БИРИНЧИ БЎЛИМ

СТАТИКА

I боб.

Қаттиқ жисм статикаси ва статиканинг асосий аксиомалари

1- §. Куч. Кучлар системаси. Эквивалент система. Тенг таъсир этувчи

Назарий механиканинг статика бўлимида жисмларнинг мувозанати ва кучлар ҳақидаги асосий тушунчалар ўрганилади. Статика бўлимидаги масалаларни икки турга бўлиш мумкин:

1) Кучларни қўшиш ва абсолют қаттиқ жисмга қўйилган кучлар системасини содда ҳолга келтириш;

2) Кучлар системаси таъсиридаги абсолют қаттиқ жисм мувозанатининг зарур ва етарли шартларини аниқлаш.

Механикада моддий жисмларнинг бир-бирига ўзаро таъсири куч билан ўлчанади. Куч вектор миқдор бўлиб, унинг жисмга таъсири:

а) Куч қўйилган нуқта;

б) Кучнинг йўналиши;

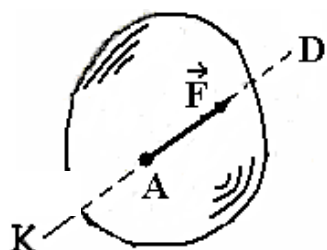
в) Кучнинг миқдори билан аниқланади.

Кучнинг халқаро birlikлар системаси (СИ) даги ўлчов бирлиги

учун Ньютон (H) қабул қилинган.

Кучнинг йўналиш ва қўйилиш нуқтаси жисмларнинг механик таъсирига ва уларнинг бир-бирига нисбатан жойлашишларига боғлиқ.

Масалан, Ернинг жисмга таъсири Ер марказига қараб йўналган



бўлиб, у жисмнинг оғирлик марказига қўйилган. Расмда куч учуда стрелкаси бўлган тўғри чизик кесмаси билан кўрсатилади (1-расм).

1-расм унинг таъсир чизиғи дейилади. Масалан, оғирлик кучининг таъсир чизиғи жисм оғирлик марказидан ўтувчи вертикалдан иборат.

Куч вектор катталиқ бўлгани сабабли уни бирор катта ҳарф билан белгиланади, бу ҳарфнинг тепасига чизик, яъни вектор белгиси қўйилади. (Масалан \vec{F}). Куч миқдори эса F билан белгиланади.

Жисмга бир вақтда таъсир қилувчи $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n)$ кучлар тўплами кучлар системаси дейилади.

Жисмга қўйилган $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n)$ кучлар системасининг таъсирини бошқа $(\vec{Q}_1, \vec{Q}_2, \dots, \vec{Q}_m)$ кучлар системаси бера олса, бундай кучлар системаси эквивалент система деб аталади ва қуйидагича ёзилади:

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

$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n)$ кучлар системасининг жисмга таъсирини битта куч бера олса, уни тенг таъсир этувчи дейилади ва бундай ёзилади:

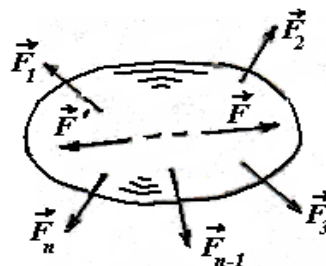
$$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) \Leftrightarrow \vec{R}$$

2 - §. Статиканинг асосий аксиомалари

Назарий механиканинг статика бўлимида исботсиз, кундалиқ тажрибаларда тасдиқланган бир неча аксиомага асосланади.

1. Инерция аксиомаси. Миқдор жихатидан бир-бирига тенг ва бир тўғри чизик бўйлаб қарама-қарши йўналган икки куч таъсиридаги жисм ўзининг мувозанатини ёки тўғри чизикли ва тенг ўлчовли ҳаракатини ўзгартирмайди.

2. Икки кучнинг мувозанатлашиш аксиомаси. Эркин каттик жисмга қўйилган икки куч миқдор жихатдан бир-бирига тенг ва бир тўғри чизик бўйлаб қарама-қарши томонга йўналган ҳолдагина мувозанатлашади. Бу кучлар системаси нолга эквивалент. Шунинг учун уларни ноллик система дейилади (2-расм): $(\vec{F}, \vec{F}') \Leftrightarrow 0$



2 - расм

3 – расм

3. Мувозанатланувчи кучларни қўшиш ва айириш аксиомаси. Жисмга қўйилган кучлар системасига ўзаро мувозанатланувчи кучлар системаси қўшилса ёки олинса, кучлар системасининг жисмга таъсири ўзгармайди. Фараз қилайлик, жисм $(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n)$ кучлар таъсирида мувозанатда бўлсин (3-расм). Жисмга яна (\vec{F}, \vec{F}') $\Leftrightarrow 0$ системани қўяйлик. Натижада жисм янги $(\vec{F}, \vec{F}', \vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n)$ кучлар системаси таъсирида ҳам мувозанатда бўлади, яъни:

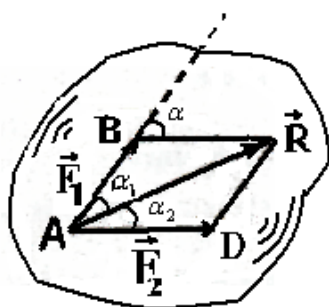
$$(\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n) \Leftrightarrow (\vec{F}, \vec{F}', \vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n)$$

Юқоридаги аксиомалардан қуйидаги теорема келиб чиқади.

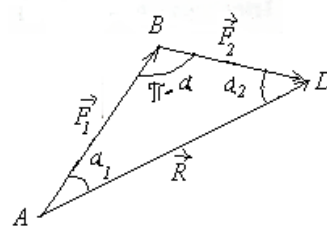
Теорема: Берилган кучни ўз таъсир чизиғи бўйлаб бир нуқтадан иккинчи нуқтага миқдор ва йўналиши ўзгартирилмай кўчирилса, унинг жисмга таъсири ўзгармайди.

4. Параллелограмм аксиомси. Жисмнинг бирор нуқтасига қўйилган турли йўналишдаги икки кучнинг тенг таъсир этувчиси мазкур кучларга қурилган параллелограмм диагоналига миқдор жиҳатидан тенг бўлиб, шу диаганал бўйлаб йўналади (4-расм):

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$



4 - расм



5 - расм

Берилган \vec{F}_1 ва \vec{F}_2 кучларга қурилган параллелограмм куч параллелограмми деб, кучларни бу усулда қўшиш параллелограмм усули деб аталади. Бунда шуни эслатиб ўтиш лозимки, икки \vec{F}_1 ва \vec{F}_2 кучни қўшишда параллелограмм ҳаммасини қуриш шарт эмас, балки қуйидагича қуришни бажариш мумкин:

- 1) Куч миқдори учун масштаб танлаб олинади;

2) \vec{F}_1 куч охирида танлаб олинган масштабга мувофиқ \vec{F}_2 ни ўзига параллел қилиб қўямиз;

3) \vec{F}_1 куч боши A билан \vec{F}_2 куч охири D ни туташтирувчи вектор бу кучлар тенг таъсир этувчисини ифодалайди (5-расм).

\vec{F}_1 ва \vec{F}_2 кучларга қурилган учбурчак куч учбурчаги, кучларни бундай усулда қўшиш эса учбурчак усули дейилади.

Тенг таъсир этувчини микдор ва йўналиши геометрия ёки тригонометрия формулаларидан фойдаланиб аниқланади.

Тенг таъсир этувчининг модулини $\triangle ABD$ дан косинуслар теоремасига асосан аниқлаймиз:

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

ёки

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \alpha}$$

$\alpha = 0^\circ$ бўлганда

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2} = \sqrt{(F_1 + F_2)^2} = F_1 + F_2; \quad (2.1)$$

$\alpha = 180^\circ$ да

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2} = \sqrt{(F_1 - F_2)^2} = F_1 - F_2; \quad (2.2)$$

$\alpha = 90^\circ$ да

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

бўлади.

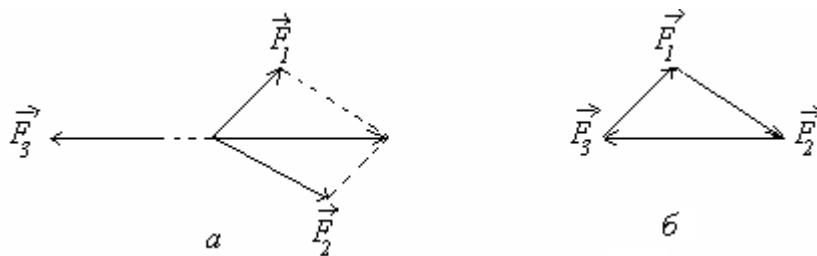
(2.1) ва (2.2) дан кўришиб турибдики, бир тўғри чизик бўйлаб йўналган кучлар алгебраик қўшилади.

Тенг таъсир этувчи \vec{R} нинг \vec{F}_1 ва \vec{F}_2 кучлар билан ташкил қилган α_1 ва α_2 бурчаклари синуслар теоремасига кўра аниқланади:

$$\frac{F_1}{\sin \alpha_2} = \frac{F_2}{\sin \alpha_1} = \frac{R}{\sin(\pi - \alpha)} \quad (2.3)$$

Мазкур аксиомадан қуйидаги теорема келиб чиқади.

Теорема: Бир текисликда ётувчи ва ўзаро параллел бўлмаган учта куч мувозанатлашса, уларнинг таъсир чизиклари бир нуқтада кесишади ва улардан тузилган куч учбурчаги ёпиқ бўлади, яъни охириги \vec{F}_3 кучнинг учи \vec{F}_1 куч боши билан устма-уст тушади (6-расм а,б).



6 - расм

5. Таъсир ва акс таъсирнинг тенглик аксиомаси. Абсолют қаттиқ жисмларнинг бир-бирига таъсири тенг ва бир тўғри чизик бўйлаб қарама-қарши томонга йўналган, яъни таъсир ҳамма вақт акс таъсирга тенг ва унга қарама-қарши йўналган. Бу аксиома И.Ньютон томонидан таърифланган бўлиб, у классик механиканинг асосий қонунларидан бири ҳисобланади.

6. Қаттиқ бўлмаган жисмлар мувозанатининг сақланиш қонуни. Қаттиқ бўлмаган жисм кучлар таъсирида мувозанатда бўлса, жисм қаттиқ ҳолатга айланганда ҳам унинг мувозанати ўзгармайди. Бу аксиомадан кўрамизки, абсолют қаттиқ жисмга қўйилган кучларнинг мувозанат шарти деформацияланадиган жисмга қўйилган кучлар учун ҳам ўринли бўлади. Деформацияланадиган жисмларга оид бир қанча масалалар, масалан, ип, занжир, қайиш, стержен каби жисмлардаги зўриқишларни аниқлашга оид масалалар ечишда олтинчи аксиомадан фойдаланамиз.

3 - §. Боғланиш ва унинг реакциялари

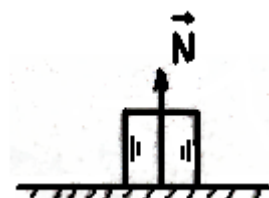
Фазода исталган томонга ҳаракатлана оладиган жисм эркин жисм деб аталади. Ҳаракати бирор бир сабаб билан чекланган жисм боғланишдаги жисм дейилади.

Жисмнинг ҳаракатини чекловчи сабаб боғланиш деб аталади. Боғланишнинг таъсирини алмаштирувчи куч реакция кучи дейилади.

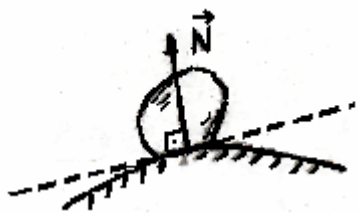
Назарий механикада боғланишдаги жисмнинг ҳаракатини ёки мувозанатини эркин жисмнинг ҳаракати ёки мувозанатига келтириб текширилади. Бу ҳол қуйидаги аксиома билан ифодаланади.

7.Аксиома. Боғланишдаги жисмни эркин жисм деб қараш учун жисмга таъсир этувчи кучлар қаторига боғланиш реакция кучини ҳам қўшиш керак. Бу аксиома жисмни боғланишдан бўшатиш аксиомаси дейилади.

Статика масалаларини ечишда реакция



кучларини аниқлаш алоҳида аҳамиятга эга.

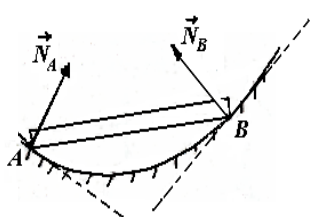


7 - расм

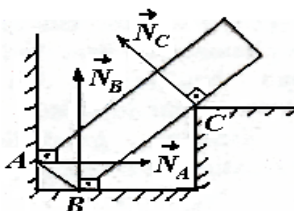
8 – расм

1. Жисм силлиқ сиртга тиралиб турсин. Бу ҳолда реакция кучи жисм ҳамда силлиқ сиртнинг ўзаро тегиб турган нуқтаси орқали ўтказилган умумий нормал бўйлаб йўналади (7, 8-расмлар).

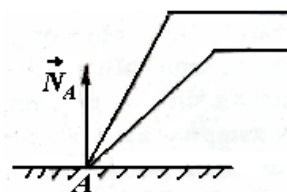
Хусусан, жисм кўзғалмас таянч текислигига тиралиб турса ва ишқаланиш кучи ҳисобга олинмаса, у ҳолда нормал реакция кучи жисм ҳамда таянч текислигининг уриниш нуқтаси орқали ўтказилган умумий нормал бўйлаб йўналади (9- расм).



9-расм



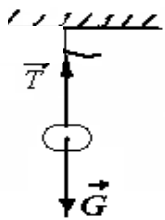
10-расм



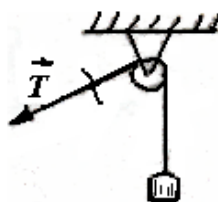
11-расм

Агар жисм таянч текислигига битта нуқтаси билан таянса, у ҳолда қайси текисликка (жисм ёки таянч текислигига) нормал ўтказиш мумкин бўлса, реакция кучи мазкур нормал бўйича йўналади (10, 11-расмлар).

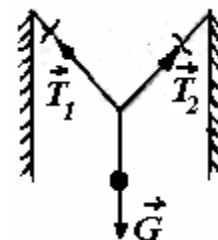
2. Жисм қайиш, занжир, ип (ёки арқон)лар воситасида боғланган бўлса (12-расм а, б, в), шунингдек вазнсиз қаттиқ стержен орқали шарнир воситасида бошқа жисмга бириктирилган бўлса (13-расм а, б), мазкур боғланишларнинг реакция кучлари қайиш, занжир, ип ёки вазнсиз стержен бўйлаб йўналади.



а

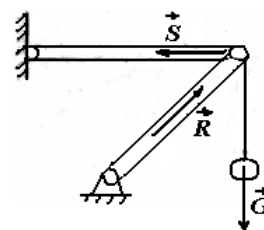
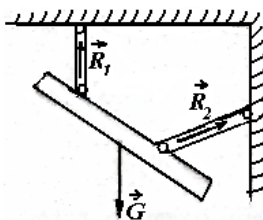


б



в

12 – расм

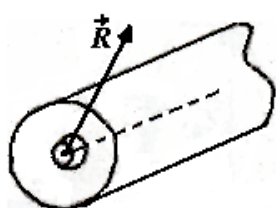


a

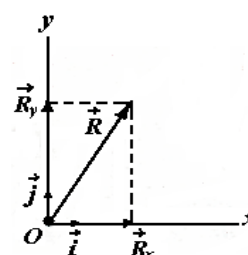
б

13-расм

3. Жисм цилиндрик шарнир ёки подшипниклар воситасида боғланган бўлса, боғланиш реакцияси ҳамisha айланиш ўқиға перпендикуляр бўлади (14-расм *a*). Жисмга бир қанча кучлар таъсир этса, шарнир реакциясининг миқдор ва йўналиши номаълум бўлади. Бу ҳолда номаълум реакция \vec{R} ни координата ўқлари бўйлаб йўналган R_x ва R_y тузувчиларга ажратилади (14-расм *б*).



a



б

14 - расм

Жисмнинг мувозанат шартларидан R_x ва R_y ни аниқлагандан сўнг, шарнир реакциясининг модули R қуйидагича топилади:

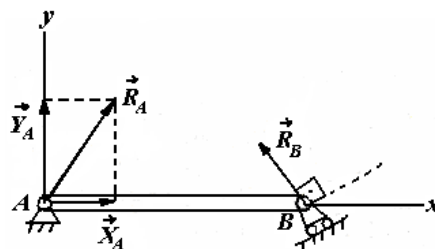
$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

Шарнир реакциясининг йўналиши эса, косинуслар орқали аниқланади, яъни:

$$\cos(\vec{R} \wedge, \vec{i}) = \frac{R_x}{R}, \cos(\vec{R} \wedge, \vec{j}) = \frac{R_y}{R}$$

бунда \vec{i}, \vec{j} - координата ўқларининг бирлик векторлари.

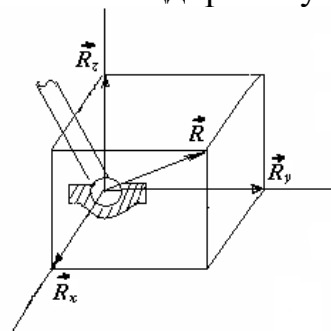
Техникада кўпинча балка кўринишидаги система қўлланилади. Таянчларга қўйилган тўсин балка деб аталади. Агарда тўсин A кўзғалмас шарнир ва B кўзғалувчи шарнир воситасида боғланган бўлса, шарнирлар реакцияси 15-расмдагидек йўналади.



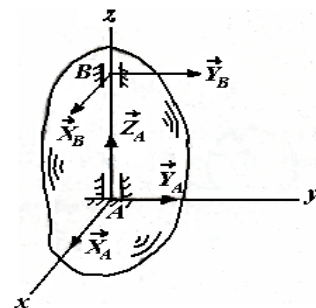
15-расм

4. Боғланиш A сферик шарнир ёки падпятник (B)

подшипник)дан иборат бўлса, умумий ҳолда бундай боғланиш реакция кучларининг йўналиши номаълум бўлади ва уларни одатда координата ўқлари бўйлаб R_x, R_y, R_z тузувчиларга ажратамиз (16,17-расмлар). Сферик шарнир реакциясининг миқдор ва йўналиши қуйидагича аниқланади:



16-расм

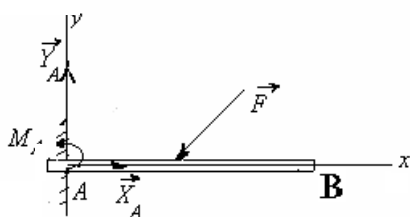


17 – расм

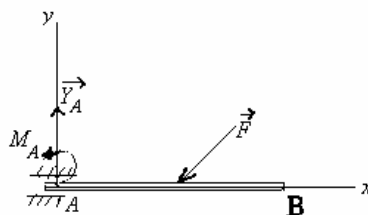
$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}; \quad \cos(\vec{R} \wedge, \vec{i}) = R_x / R, \quad \cos(\vec{R} \wedge, \vec{j}) = R_y / R, \quad \cos(\vec{R} \wedge, \vec{k}) = R_z / R.$$

5. Агарда 18-расмдаги AB балканинг A учи деворга қисиб маҳкамланган бўлса, бу ҳолда A нуктадаги боғланиш реакциясининг иккита тузувчисидан ташқари, балканинг A нукта атрофида айланишига тўсқинлик қилувчи реакция моменти M_A ҳам мавжуд бўлади. Момент тушунчасини кейинроқ киритамиз.

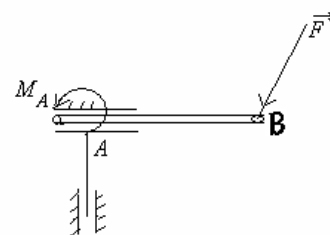
6.19-расмда кўрсатилган AB балканинг A учи горизонтал бўйлаб силжишга йўл қўядиган қилиб маҳкамланган. Бундай боғланиш реакцияси силжиш текислигига перпендикуляр бўлган \vec{Y}_A реакция кучидан ҳамда балканинг A нукта атрофида айланишига тўсқинлик қилувчи реакция моменти M_A дан иборат бўлади.



18 - расм



19 – расм



20 –

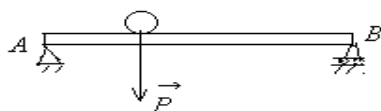
расм

20-расмда кўрсатилган AB балканинг A учи ҳам горизонтал, ҳам вертикал бўйлаб силжишга йўл қўядиган қилиб маҳкамланган. Бу ҳолда A нуктада фақат балканинг A нукта атрофида айланишига қаршилик қилувчи M_A реакция моменти мавжуд бўлади.

4 - §. Иншоот ва машиналарга қўйиладиган кучларнинг турлари

Жисмга таъсир этувчи кучларни қуйидаги турлари учрайди.

1. Тўпланма куч. Бир-бирига тегиб турадиган икки жисмнинг ўзаро таъсири уларнинг уриниб турган нуқтасига қўйилган деб ҳисобланади. Ҳақиқатдан эса жисмларнинг тегишиб турган жойида деформация ҳосил бўлиб, уларнинг ўзаро таъсири уриниб турган нуқтага қўйилмай бирор юзачага қўйилади. Бу юзачанинг сатҳи жуда кичик бўлса-да чеклидир. Дарҳақиқат, иккита жисмнинг тегишиб турган юзачаси жисм ўлчамларига қараганда жуда ҳам кичкина бўлса, бу юзачани бир нуқта деб, у кучни эса нуқтага қўйилган тўпланма куч деб ҳисоблаймиз. Бу тўпланма куч жисмларнинг тегишиб турган юзасидаги босимларнинг тенг таъсир этувчисидир.



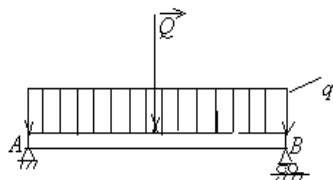
Масалан, икки учи билан таянч устида ётган тўсиннинг бирор жойига қўйилган оғир жисмнинг тўсин сирти билан тегишган юзачаси жуда кичик бўлганида шу юзача бўйича таъсир этувчи кучлар

ўрнига уларнинг тенг таъсир этувчиси \bar{P} ни оламиз

21 – расм

(21-расм).

2. Тақсимланган кучлар. Машина ёки иншоот



қисмининг маълум юзаси ёки узунлиги бўйича қўйилган куч узлуксиз таъсир кўрсатса, бундай куч тақсимланган кучлар дейилади.

Узунлик бирлиги ёки юза бирлигига таъсир қилувчи кучларнинг интенсивлиги q билан белгиланади ва мос равишда H/m ёки H/m^2 ҳисобида ўлчанади.

22-расм

Тақсимланган кучларга кўприк балкасининг устига ётқизилган бетон ёки асфальт таъсири мисол бўла олади. Бетон ёки асфальт балка бўйича текис тарқалган бўлиб, 22-расмда кўрсатилганидек таъсир қилади. Масалани ечишда тақсимланган кучлар бир нуқтага қўйилган куч билан алмаштирилади. 22-расмда тасвирланган тақсимланган кучлар тенгтаъсир этувчиси AB участканинг ўртасига қўйилган бўлиб, миқдори $Q=q \cdot AB$ бўлади.

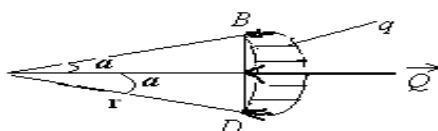
Тақсимланган кучларга яна бир мисол сифатида тўғон деворига сувнинг таъсирини келтириш мумкин (23-расм); бу кучнинг тақсимланиши сув юзасидан тўғон тагигача учбурчак қонуни билан ўзгариб боради. Бу ҳолда тақсимланган

кучларнинг тенг таъсир этувчиси учбурчак медианаларининг кесишган нуқтасидан ўтади ва миқдори $ql/2$ бўлади.

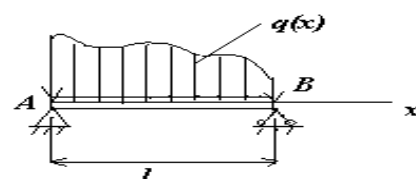


23 – расм

Агарда тақсимланган куч айлананинг BD ёйи бўйича таъсир этса (24-расм), унинг тенг этувчиси $Q = q \cdot BD$ бўлади: бунда BD узунлик BD ёй ватари узунлигини билдиради. \bar{Q} нинг таъсир таъсир чизиғи BD ватар ўртасидан ўтади.



24 - расм



25 - расм

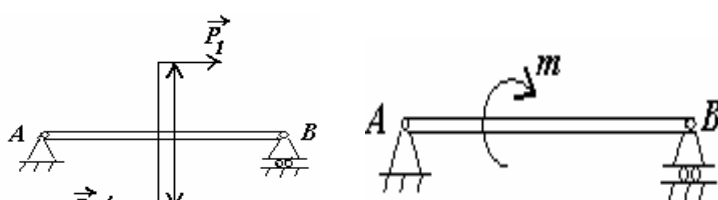
Иншоот қисмларига қўйилган кучлар текис тақсимланган бўлмай, ихтиёрий равишда тақсимланган бўлиши мумкин. Тупроқ, қум каби сочилувчи материаллар билан юкланган балка бунга мисол бўла олади. Бу ҳолда агар тақсимланган кучларнинг интенсивлиги $q=q(x)$ қонуният асосида ўзгарса (25-расм), бундай кучларнинг тенг таъсир этувчиси Q , AB балка ва $q(x)$ эгри чизиғи билан чегараланган юза орқали ифодаланади:

$$Q = \int_0^l q(x) dx$$

Q -кучнинг таъсир чизиғи мазкур юзанинг оғирлик марказидан ўтади ва қуйидагича аниқланади:

$$x = \frac{\int_0^l xq(x) dx}{\int_0^l q(x) dx}$$

3. Жуфт куч. Маълум ораликда жойлашган, бир-бирига қарама-қарши йўналган ва миқдор жиҳатидан тенг бўлган икки куч жуфт куч дейилади. 26-расмда балкага қўйилган жуфт куч тасвирланган. Жуфт куч берилганда, жуфт куч ташкил этувчилари ва бу ташкил этувчилар орасидаги масофа



(26-расм а) ёки унинг моменти жуфт куч

таъсиридаги айланма ҳаракат

йўналиши кўрсатилади (26-

a

b

расм, *b*).

26-расм