СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ SATBAYEV UNIVERSITY

ПӘН: PHY1071 ҚОЛДАНБАЛЫ МЕХАНИКА

ДӘРІС № 1

СТАТИКА. НЕГІЗГІ ҰҒЫМДАР ЖӘНЕ АКСИОМАЛАР

Преподаватель: ***Бейсебаева Айгуль Самсалиевна***
Контакты: 8-776-388-14-45, a.s.beysebayeva@satbayev.university

1-бөлім. СТАТИКА

Статика (statike) – күш әсеріндегі материялық денелердің тепе-теңдігін зерттейтін ғылым. Баяндау тәсіліне қарай статиканың өзі геометриялық және аналитикалық статика болып екіге бөлінеді.

1) *Геометриялық статикада* – абсолют қатты денелердің, оларға күштер әсер еткен кездегі тепе-теңдігі жөніндегі мәселелер қарастырылады. Мұндай мәселелердің өзі: а) абсолют қатты денеге әсер ететін күштер жүйесін қарапайым түрге келтіру; ә) абсолют қатты денеге әсер ететін күштер жүйесінің тепе-теңдік шарттарын тағайындау болып екі топқа бөлінеді.

2) *Аналитикалық статикада* – механикалық жүйенің ең жалпы тепе-теңдік шарттары тағайындалады. Статиканың бұл бөлімі, негізінен, математика пәнінде оқылатын болғандықтан, бұл оқулықта тек *геометриялық статика* зерттеледі. Осыған байланысты, бұдан былай геометриялық статика демей-ақ, тек статика дей береміз.

1-тарау. НЕГІЗГІ ҰҒЫМДАР ЖӘНЕ АКСИОМАЛАР

§1. Статиканың негізгі ұғымдары

1.1. Статикада, негізінен, абсолют қатты дененің тыныштық шарттары оқылады. Осыған байланысты «абсолют қатты дене» ұғымына анықтама берейік. Абсолют қатты дене деп, күштер әсерінен кез келген нүктелерінің арақашықтықтары өзгермейтін денені айтамыз. Мұндай денелер созылмайды, сығылмайды, иілмейді, яғни деформацияланбайды. Бірақ табиғатта мұндай абсолют қатты денелердің болмайтыны белгілі. Кез келген табиғи дене деформацияланады, әрине, кейбір дене көп, ал кейбірі елеуге тұрмайтындай аз деформацияланады. Егер дененің деформациясын ескеру керек болса, онда бұл мәселе ғылымның басқа салаларында, мысалы,

САТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ SATBAYEV UNIVERSITY

«Материалдар кедергісінде», «Инженерлік механикада» және тағы басқада беріктік туралы ғылымдарда қарастырылады.

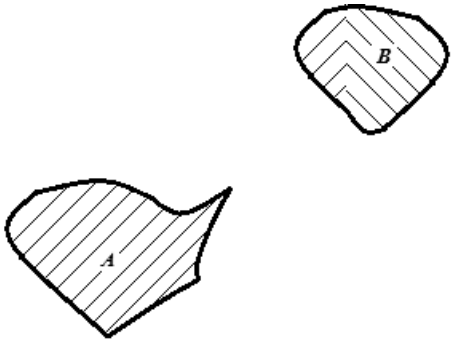
Статикада (геометриялық) тек қана абсолют қатты денелердің тепе-теңдігі қарастырылатын болғандықтан, бұдан былай, айтуға жеңіл болу үшін, абсолют қатты дене деп жатпай, тек қана *қатты дене* десек жеткілікті.

1.2. Анықтаманы керек ететін келесі ұғым – материялық нүкте. Материялық нүкте деп массасы дененің немесе оның бөлігінің массасына тең және дененің абстракты бейнесіне сәйкес геометриялық нүктені түсінеміз.

1.3. Механикада, күш әсеріндегі материялық денелердің өзара әсерлерінің көптеген түрлерінің ішінде, тек механикалық өзара әсерлері ғана қарастырылады. Атап айтқанда, дененің немесе оның кейбір бөліктерінің механикалық қозғалыстарын өзгертетін, сонымен қатар, денелердің орын ауыстыруына қарсылық көрсететін механикалық күштер қарастырылады. Денелердің қозғалысын немесе тыныштықта болуы туралы ұғымдарға көңіл аударайық. Ол үшін, «қозғалыс» және «тыныштық» дегеніміздің өздері салыстырмалы ұғымдар екенін ұмытпауымыз керек. Мысалы, ұшақта, поезда немесе қайықта келе жатқан жолаушы қандай күйде (қозғалыста ма, әлде тыныштық күйде ме) екенін ойлайық. Жолаушы аталған көліктің ішінде орындықта отыр дейік. Бұл кезде жолаушы, көлік ішіндегі басқа жолаушылармен салыстырғанда, тыныштық күйде деп қарастыруға болады. Ал, егер жолаушыны көліктің бір нүктесі ретінде қарастырсақ, онда ол сол көлікпен бірге қозғалыста екені дау тудырмайды. Сонымен, біріншіден, дененің кеңістіктегі орны қарастырылып отырған дененің қандай санақ жүйесінде зерттелетіндігіне байланысты деп тұжырымдаймыз. Екіншіден, денеге қандай күштер әсер ететіне байланысты, қорыта айтқанда, қозғалысты зерттеу үшін алдын ала «санақ жүйесі», «координаталық осьтер жүйесі» және «күш» туралы ұғымдарды тұжырымдап алу керек.

1.4. Денелердің кеңістіктегі орны сол зерттеліп отырған кеңістіктегі қозғалмайды деп қабылданған басқа бір денеге қатысты анықталады. Мысалы, B денесін алайық (*1-сурет*). Жоғарыда айтқандай, ол үшін осы кеңістікте қозғалмайтын A денесі бар деп есептейміз. Сол кезде, B денесінің кеңістіктегі орны A денесімен салыстыра отырып анықталады. Өзіне қарағанда басқа денелердің (мысалы, B денесінің) орны, қозғалыс күйі салыстыру арқылы анықталатын, қозғалмайды деп қабылданған A денесі «санақ жүйесі» деп аталады.

САТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ SATBAYEV UNIVERSITY

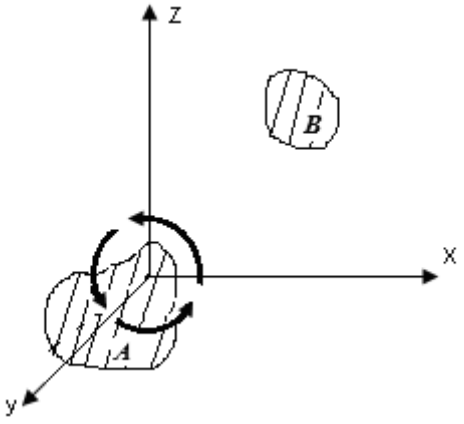


1-сурет

Сонымен, берілген денелер қозғалысын – белгілі бір, сайланып алынған, санақ жүйесімен салыстыра отырып қарастыруымыз керек.

1.5. Есте болатын жай – санақ жүйесін әртүрлі тәсілмен сайлап алуға болады, ал көпшілік жағдайда, қозғалысты сиппаттау үшін санақ жүйесін құрайтын денені қандай да бір координаттық осьтер (x, y, z) жүйесімен байланыстырады.

Теориялық механикада, көбінесе, x, y және z координаттарының тік бұрышты декарттық оң жүйесі (*2-сурет*) қолданылады. Сонымен, бұдан былай, кез келген дененің қозғалысы немесе тепе-теңдігі алдын ала алынған қандай да бір $Oxyz$ осьтер жүйесіне қатысты зерттеледі.



2-сурет

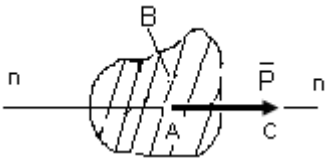
Демек, A денесі қозғалмайтын дене ретінде алынғандықтан, оған қатысты $Oxyz$ осьтер жүйесі де қозғалмайтын, басқаша айтқанда, абсолюттік жүйе боп есептеледі.

1.6. Күш туралы ұғым. Қарастырылып отырған дене B, әрине, кеңістікте жалғыз емес, оны басқа да материялық денелер қоршап жатады. Сол денелердің әрқайсысы да қарастырылып отырған денеге механикалық әсер

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ SATBAYEV UNIVERSITY

етеді. Осы әсерлердің нәтижесінде B денесі $Oxyz$ осьтер жүйесіне қатысты алғанда, белгілі бір мөлшерде қозғалысқа келуі немесе, егер ол дене бұған дейін қозғалыста болса, онда оның қозғалыс күйінің белгілі бір мөлшерге өзгеруі мүмкін. Осыған байланысты, материялық денелердің бір-біріне әсерлерінің өлшемі ретінде алынатын механикалық шама *күш* деп аталады, яғни берілген денеге басқа бір дененің механикалық әсері векторлық шама – *күшпен* өлшенеді (нүктеге әсер етуші күш туралы ұғымда ғылымға алғаш енгізген Галилей болатын).

Кез келген B денесіне әсер етіп тұрған $\overline{P}$ күшін қарастырайық (3-сурет).



3-сурет

Суретте көрсетілгендей, $\overline{P}$-векторының ұзындығы AC, берілген масштабта күштің сан-мәнін (модулін) бейнелейді; ал оның бағыты күштің әсер ету бағытын көрсетеді. Дененің күш әсер етіп тұрған A нүктесі - күштің әсер ету нүктесі, ал $\overline{P}$-векторы (күш) бағытталған $n-n$ сызығы (*3-сурет*) күштің әсер ету сызығы деп аталады.

Күш шамасын өлшеудің:

1) статикалық жол;

2) динамикалық жол (Ньютонның екінші заңына негізделген) сияқты екі жолы бар.

Механикадағы күштің негізгі бірліктері: 1) халықаралық жүйеде ($СИ$) – 1 ньютон ($1н$); 2) техникалық жүйеде – 1 килограмм күші ($1кГ$). Бұл күш бірліктерінің өзара қатынастары: $1кГ = 9,81Н$ немесе $1Н = \frac{1}{9,81}кГ = 0,102кГ$.

Техниканың есептерін қарастырған кезде *таралған күш* туралы ұғым пайдаланылады. Таралған күш сызық бойымен таралып жатуы мүмкін, белгілі бір бетте немесе белгілі бір көлемде таралып жатуы мүмкін. Тәжірибеде, негізінен, сызық бойымен таралып жатқан күштер қарастырылды. Таралған күштер өзінің *қарқындылығымен* сипатталады. *Қарқындылық* деп, әдетте, сызықтың бір өлшеміне сәйкес күшті айтады, оны q әрпімен белгілейді. Оның СИ жүйесіндегі өлшемі $н/м$ немесе $кН/м$, ал техникалық өлшемі $кГ/м$ немесе $Т/м$.

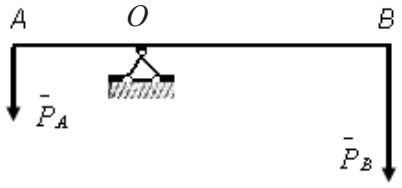
1.7. Момент туралы ұғым. Жалпы жағдайда қатты дене өзіне әсер етуші күштің әсерінен тек ілгерілей қозғалып қоймай, сонымен қатар айнала қозғалатыны тәжірибеден белгілі. Мұның өзі, денені айналдыруға

САТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ SATBAYEV UNIVERSITY

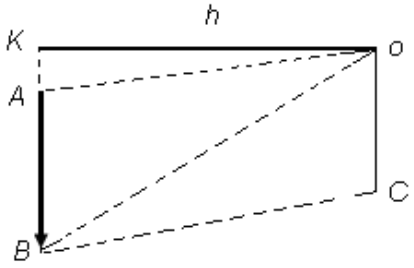
тырысатын күштер болатынын көрсетеді. Осы күштердің сипаттамаларын тағайындау керек.

1.7.1. Күштің нүктеге қатысты айналдыру әсері. Мысал үшін, O нүктесіне тірелген AB сырығын қарастырайық.

Бұл сырыққа A және B нүктелері арқылы $\bar{P}_A$ және $\bar{P}_B$ күштері әсер етіп тұрсын (*4-сурет*). Осы суреттен көрініп тұрғандай, $\bar{P}_A$ күші аталған сырықты сағат тілі қозғалысына қарсы бағытта, $\bar{P}_B$ ал күші сағат тілі қозғалысының бағытмен O нүктесі арқылы айналдыруға тырысады.



4-сурет



5-сурет

Сонымен, күштердің айналдырушы әсерлері – күштердің сан шамалары мен бағыттарына және олардың O нүктесінен қаншама қашықтықта жатқандарына тәуелді екенін көреміз. Қарастырылып отырған суреттегі O нүктесі айналдыру центрі деп, ал осы нүктеден күштердің бағытына дейін түсірілген перпендикуляр – күштің осы нүктеге қатысты иіні деп аталады. Яғни: $\bar{P}_A$ күшінің O нүктесіне қатысты иіні - $OA = h_A$, ал $\bar{P}_B$ күшінің иіні - $OB = h_B$. Егер, кез келген бір күш $\bar{P}$ және O нүктесі берілсе (*5-сурет*), онда бұл күштің иіні $OK = h$ болады.

1.7.2. Күштің оське қатысты айналдыру әсері. Тәжірибелерден көрінетіндей, қатты денелер нүкте арқылы ғана емес, кей кезде белгілі бір ось арқылы айналатыны да белгілі. Осыған байланысты келесі анықтамаларды келтіре кетейік.

1-анықтама. Кез келген күштің белгілі бір оське қатысты моменті деп осы күштің берілген оське перпендикуляр жазықтықтағы проекциясының осьпен жазықтықтың қиылысу нүктесіне қатысты алынған алгебралық моментін айтады.

2-анықтама. Кез келген күштің белгілі бір оське қатысты моменті деп осы күштің берілген осьтің кез келген бір нүктесіне қатысты алынған күш моменті векторының осы осьтегі проекциясын айтады.

САТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ SATBAYEV UNIVERSITY

1.8. Еркін дене – басқа денелермен ешқандай байланысы жоқ, еш нәрсемен бекітілмеген, кеңістікте кез келген бағытта қозғалыс жасай алатын дене.

1.9. Қатты денеге әсер ететін күштер $\overline{P}_1, \overline{P}_2, ...\overline{P}_n$ символдарымен белгіленеді. Кез келген қатты денеге әсер ететін күштер жиыны *күштер жүйесі* деп аталады. Мұндай жүйені дөңгелек жақшалар ішіне алынған күш векторларымен белгілейміз, мысалы: $(\overline{P}_1, \overline{P}_2, ...\overline{P}_n)$ – n күштен тұратын күштер жүйесі.

Егер $(\overline{P}_1, \overline{P}_2, ...\overline{P}_n)$ күштер жүйесімен тыныштықта тұрған еркін қатты денеге әсер еткен кезде дене ешқандай қозғалыс алмайтын болса, онда бұл күштер жүйесі тепе-теңдіктегі (нөлге эквивалент) жүйе деп аталады, яғни:

$$(\overline{P}_1, \overline{P}_2, ...\overline{P}_n) \sim 0.$$

Егер қозғалыстағы еркін денеге тепе-теңдіктегі (нөлге эквивалент) жүйемен әсер етілсе, онда күштердің мұндай жүйесі оған ешқандай да өзгеріс жасай алмайды: қозғалыстың бағыты да, жылдамдығы да өзгеріссіз қалады.

Егер $(\overline{P}_1, \overline{P}_2, ...\overline{P}_n)$ және $(\overline{Q}_1, \overline{Q}_2, ...\overline{Q}_n)$ күштер жүйелерінің әрқайсысы, кез келген еркін қатты денені тыныштықтағы күйінен өзара тең қозғалысқа келтіретін болса, онда бұлар бір-біріне эквивалент жүйлер деп аталады. Демек:

$$(\overline{P}_1, \overline{P}_2, ...\overline{P}_n) \sim (\overline{Q}_1, \overline{Q}_2, ...\overline{Q}_n).$$

Қатты денеге әсер етуші $(\overline{P}_1, \overline{P}_2, ...\overline{P}_n)$ күштер жүйесі $\overline{R}$ күшіне эквивалент болса, онда $\overline{R}$ күші, аталған күштер жүйесінің тең әсер етушісі немесе тең әсерлі күш деп аталады, яғни:

$$(\overline{P}_1, \overline{P}_2, ...\overline{P}_n) \sim \overline{R}.$$

Егер қатты денеге әсер етуші күштердің барлығы – тепе-теңдікте тұрған күштердің жүйесін құратын болса, яғни: $(\overline{P}_1, \overline{P}_2, ...\overline{P}_n) \sim 0$, онда мұндай дененің өзі тепе-теңдік күйде болады. Бұл анықтама бойынша, бірқалыпты түзу сызықты ілгермелі қозғалыстағы дене де тепе-теңдікте деп есептеледі. Сондықтан, статика бөлімінде қаралатын мәселелер үшін тепе-теңдіктегі күштер жүйесінен туындайтын қатты дененің аталған екі күйін (тыныштықта тұрған дененің тепе-теңдігі және қозғалыстағы дененің тепе-теңдігі) бір-бірінен ажыратып жатудың қажеті жоқ.

§2. Статиканың аксиомалары

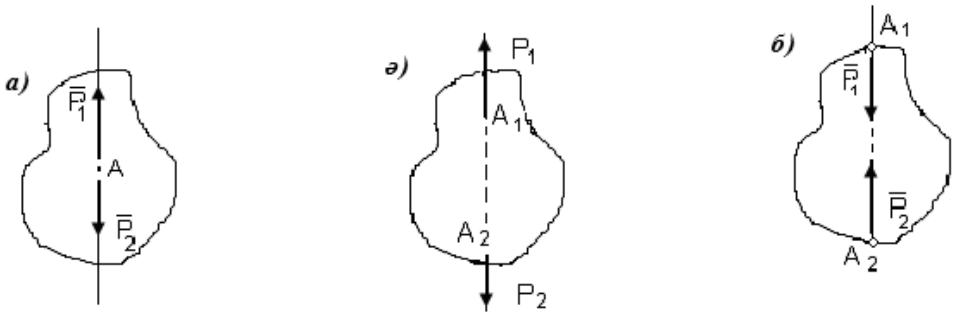
Статиканың аксиомалары Галилей-Ньютонның жалпы заңдарынан туындайды. Олар механикаға толығынан негіз бола алмайды, бірақ статикада қарастырылатын барлық мәселелерді шешуге әбден жеткілікті.

1-аксиома. Еркін қатты денеге (кеңістікте кез келген түрде, қалай болса солай қозғалыс жасай алатын денеге) әсер етуші екі күш тепе-теңдікте болу

САТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ SATBAYEV UNIVERSITY

үшін, олардың модулдерінің тең болуы және бір түзу бойымен қарама-қарсы бағытталуы қажет және жеткілікті.

Келтірілген *6-суретте* (а, ә, б) қатты денелерге әсер етуші, шамалары бір-біріне тең, бір түзу бойымен қарама-қарсы бағытталған $\overline{P}_1$ мен $\overline{P}_2$ күштері көрсетілген. Бұлар тепе-теңдіктегі күштер, яғни: $(\overline{P}_1, \overline{P}_2) \sim 0$, $\overline{P}_1 = -\overline{P}_2$.



6-сурет

2-аксиома. Кез келген күштер жүйесіне күштердің нөлге эквивалент басқа бір жүйесін қосуға немесе аталған күштер жүйесінен оны алып тастауға болады, бұдан берілген күштер жүйесінің әсері өзгермейді.

Теорема. Сан шамасын сақтай отырып, күшті өзінің әсер ету сызығы бойымен бір нүктеден екінші нүктеге көшіруге болады, одан күштің қатты денеге әсері өзгермейді.

Дәлелдеу. Қатты дененің A нүктесіне $\overline{P}$ күші әсер етіп тұрсын. Күштің әсер ету сызығы бойында орналасқан B нүктесіне шамалары тең, қарама-қарсы бағытталған $\overline{P}_1$ мен $\overline{P}_2$ күштерін түсірейік (*7 а-сурет*).

Бұл екі күштер $\overline{P}$ күшіне тең болсын: $\overline{P}_1 = \overline{P}_2 = \overline{P}$. Бұл кезде, B нүктесіндегі екі күш нөлге эквивалент жүйені құрайды, яғни: $(\overline{P}_1, \overline{P}_2) \sim 0$. Екінші аксиома бойынша: $(\overline{P}_1, \overline{P}_2, \overline{P}) \sim \overline{P}$. Үш күштен тұратын осы жүйеден $\overline{P}_2$ және $\overline{P}$ күштерінен тұратын жүйені жекелеп алатын болсақ, оның 1-аксиома бойынша нөлге эквивалент екенін көреміз: $(\overline{P}, \overline{P}_2) \sim 0$.



7-сурет

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ SATBAYEV UNIVERSITY

Сонымен қатар 2-аксиома бойынша нөлге эквивалент күштер жүйесін берілген жүйеден алып тастауға болады. Демек, $(\bar{P}) = (\bar{P}_1)$. Теорема дәлелденді (*7 ә-сурет*).

3-аксиома. Қатты дененің бір нүктесіне түсірілген екі күшті тең әсер етуші бір күшпен алмастыруға болады. Тең әсерлі күш берілген күштерден құрылған параллелограм диагоналымен анықталады да, денеге сол нүкте арқылы әсер етеді.

1-салдар. Қатты дененің бір нүктесіне әсер етуші екі күш бір түзу бойымен бағытталған болса, онда олардың тең әсерлі күші сол түзу бойымен, үлкен күштің бағытымен бағытталады; ал тең әсерлі күштің шамасы аталған күштердің алгебралық қосындысына тең болады.

2-салдар. Кез келген күшті геометриялық қосындысы осы күшке тең және сол нүктеге түсірілген екі құраушыға жіктеуге болады.

4-аксиома. Екі дене бір-біріне, әрқашан, шамалары тең, бір түзу бойымен қарама-қарсы бағытталған күштермен әсер етеді.

5-аксиома. Егер қатты емес дене белгілі бір күштер жүйесінің әсерінде тепе-теңдік күйде болса, ол бірден қатты денеге айналдырылған жағдайда, оның бастапқы тепе-теңдік күйі өзгермейді.

§3. Байланыстар. Байланыстардағы реакциялары

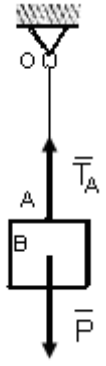
Байланыстарды қарастырудың алдында тағы бір-екі анықтамаларды тұжырымдап алайық.

Анықтамалар

1. Еркін дененің анықтамасы бұдан бұрын берілгендей - кеңістікте кез келген түрде, қалай болса солай қозғалыс жасай алатын дене.

2. Еркін емес (еріксіз) дене – кейбір бағыттарда қозғалыс жасай алмайтын дене.

3. Дене қозғалысының еркіндігін шектейтін шарттар механикада *байланыстар* деп аталады. Мысалы, *O* нүктесіне ілініп (жіп арқылы, арқан арқылы, т.б.) қойылған *B* жүгі (денесі) *еркін емес дене*, басқаша айтқанда, *еріксіз дене* болып табылады (*8-сурет*).



8-сурет

САТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ SATBAYEV UNIVERSITY

Өйткені дене өз салмағының әсерінен төмен қарай қозғалуға тырысады. Бірақ жіпке ілініп қойғандықтан, ол төмен қарай қозғала алмайды. Сонымен, OA жібі B жүгі үшін байланыс болып табылады. Өз кезегінде, денені төмен қарай жібермей ұстап тұрған жіптің күші – *байланыстың реакция күші* деп аталады. Бұдан былай, бұл күшті *байланыстың реакция күші* деп атаудың орнына, *байланыстың реакциясы деп атайтын боламыз*. Байланысты ойша алып тастап, оның денеге әсерін (денені ұстап тұрған күшін) байланыс реакциясымен алмастыруға болады. Біз қарастырып отырған суретте ол реакция $\bar{T}_A$ символымен белгіленген және ол күш дене қозғалысының бағытына қарама-қарсы бағытталған.

4. Тепе-теңдігі (не қозғалысы) қарастырылып отырған денеге түсірілген күштер *белсенді* (актив) күштер немесе *берілген* күштер деп аталады. Әрбір белсенді күштердің модулі мен бағыты алдын ала берілген және әсер етуші басқа күштерге тәуелді болмайды. Олардың тағы бір ерекшелігі – тыныштықтағы денені қандай да бір қозғалысқа келтіре алатындығында.

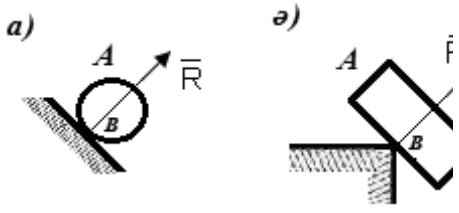
5. Белсенді (актив немесе берілген) күштердің әсерінен байланыста пайда болатын реакциялар ырықсыз (пассив) күш деп аталады. Олар денені қозғалысқа келтіре алмайды.

Байланыстар аксиомасы. Байланыстар әсерлерін реакциялармен алмастыру арқылы байланыстардың өзін алып тастауға болады. Бұл кезде, еркін емес денені белсенді күштер мен байланыс реакцияларының әсеріндегі еркін дене ретінде қарастырылады. Сонымен, бұл аксиома әрбір еркін емес қатты денені еркін дене ретінде қарастыруға мүмкіндік тудырады.

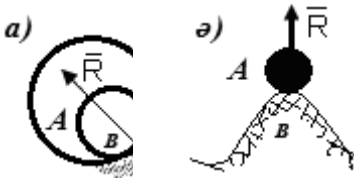
Байланыстардың негізгі түрлері. Берілген дене қандай мақсатта қолданылатына қарай әртүрлі байланыстармен бекітіледі. Статикада жиі қолданылатын байланыстардың негізгі төрт түрін көрсетуге болады, олар:

1. Денелердің өзара түйісуі

а) Жылтыр бет. Бірінші жуықтауда үйкелісін елемеуге болатын беттер – **жылтыр бет** деп аталады. Идеал жылтыр (кіршіксіз таза) беттің реакциясы әруақытта да жанасушы беттерге тік (ортақ нормаль бойымен) бағытталады (*9 а, ә, б-суреттері*).



9-сурет



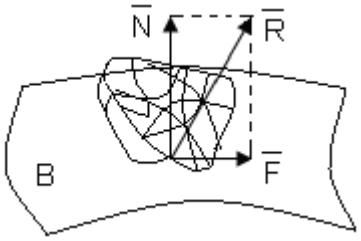
10-сурет

Бұл жердегі (бұдан былайда): A – берілген дене, B – байланыс, R – байланыс реакциясы, R_x, R_y, R_z - байланыс реакциялары.

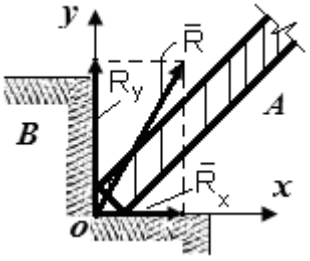
САТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ SATBAYEV UNIVERSITY

ә) Жылтыр қисық. Идеал жылтыр қисықтың реакциясы жанасу нүктесіндегі қисық нормалының бойымен бағытталады (*10 а, ә-суреттер*).

б) Кедір-бұдыр бет. Егерде жанасушы денелердің беттері кедір-бұдыр болса, онда байланыс реакциясын екі құраушы арқылы көрсетуге болады: оның біреуі ортақ нормаль, ал екіншісі ортақ жанама бойымен бағытталады. Біріншісі тік немесе нормаль реакция $(\bar{N})$, ал екіншісі үйкеліс күші $(\bar{F})$ деп аталады (*11-сурет*).



11-сурет

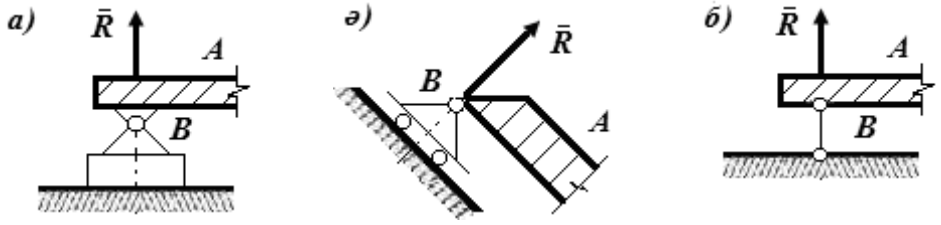


12-сурет

в) Бұрыш. Егер дене бұрышқа тіреліп, онда ол дененің екі бағыттағы (тік және көлденең) қозғалысына кедергі тудырады. Сол себепті, бұрыштың реакциясы екі құраушыға (R_x, R_y) жіктеледі (*12-сурет*).

2. Денелерді топсалармен (шарнирлермен) байланыстыру.

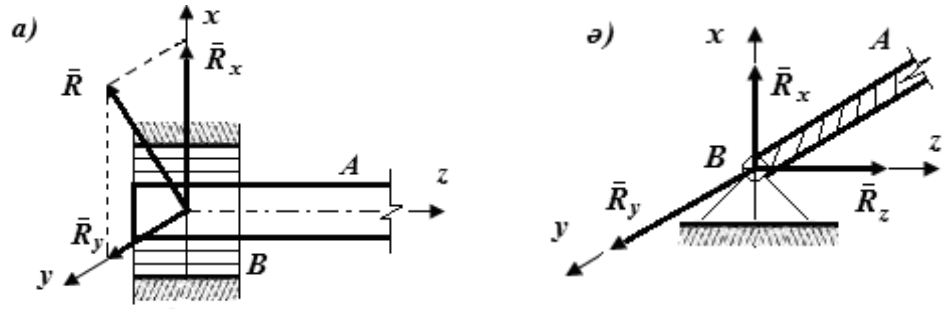
а) Жылжымалы топса. Мұндай топса – дененің тіреу жазықтығымен қозғалыс жасауына кедергі келтірмейді де, ал оған перпендикуляр бағытта қозғалуына бөгет жасайды (*13-сурет*).



13-сурет

ә) Жылжымайтын цилиндрлік және сфералық топсалар *14 а, ә*-суреттерінде көрсетілген.

САТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ SATBAYEV UNIVERSITY

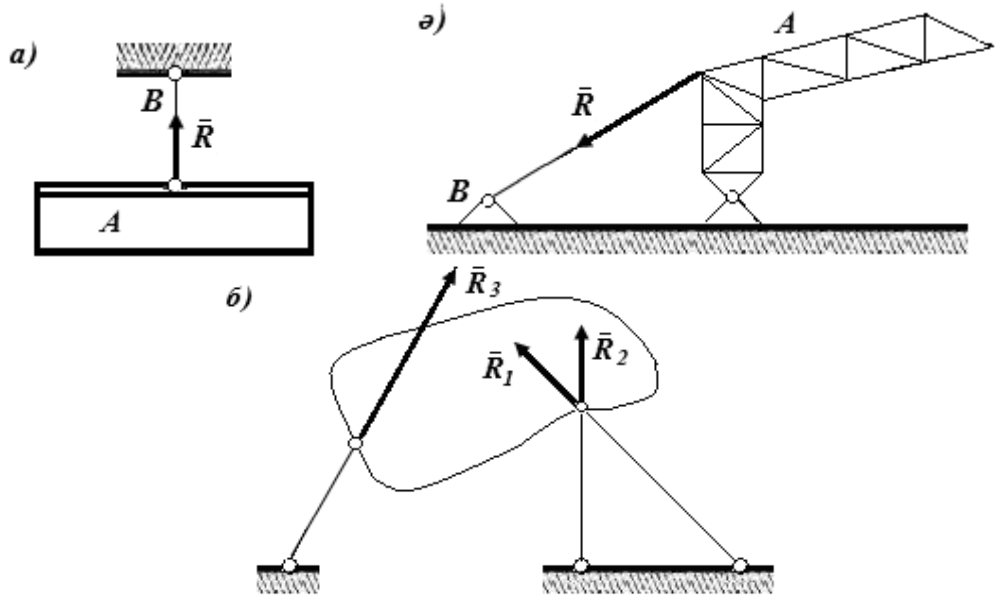


14-сурет

3. Солқылдақ байланыстар және сырықтық (стержендік) байланыстар

а) Арқан, шынжыр, жіп. Деформацияланбайтын, арқан (солқылдақ элемент) түрінде берілген байланыс дененің бір ғана бағыттағы, атап айтқанда, оның байланыс бойымен бағытталған қозғалысын шектейді (*15 а, ә-сурет*).

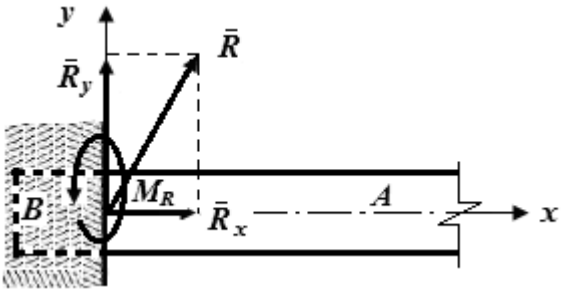
б) Сырықтық байланыстар. Мұндай элементтерде, ұштары топсалармен бекітілген сырықтар (сырықтың өз салмағы ескерілмейді, яғни «салмақсыз сырықтар») байланыс қызметін атқарады (*15 б-сурет*).



15-сурет

4. Қозғалмастай етіліп бекітілген денелер. Кейбір жағдайларда денелердің белгілі бір қимасы ешқандай қозғалыс жасай алмайтындай болып бекітіледі, мысалы, арқалықтың бір ұшы қабырғаға қазықша қағылғандай болып бекітіледі (*16-сурет*).

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ SATBAYEV UNIVERSITY



16-сурет

Мұндай байланыс – дене қозғалысының тағы бір түріне кедергі жасайды, атап айтқанда, берілген дененің (A) байланысқа (B) қатысты айналуын болдырмайды. Осыған байланысты, тіректің $\bar{R}$ реакциясы мен бірге реакция моменті – $\bar{M}_R$ пайда болады. Тіректің реакциясын ($\bar{R}$) сәйкес осьтерге жіктеп, бұл тіректе үш реакциялар ($\bar{M}_R, \bar{R}_x, \bar{R}_y$) пайда болады деп қарастыруға болады (*16-сурет*).

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ SATBAYEV UNIVERSITY