



A.A. ABDUMALIKOV, H.M. SATTOROV

# MEXANIKA

TOSHKENT

531  
A-15  
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA  
O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

MIRZO ULUG'BEK NOMIDAGI O'ZBEKISTON  
MILLIY UNIVERSITETI

Mirzo Ulug'bek nomidagi  
O'zbekiston Milliy universitetining  
100 yilligiga bag'ishlanadi

A. A. ABDUMALIKOV, H.M.SATTOROV

## MEXANIKA

1432-1436  
O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi  
tomonidan 5140200 – "Fizika", 5140400 – "Astronomiya"  
ta'lim yo'nalishlari talabalari uchun o'quv qo'llanma sifatida  
tavsiya etilgan



Toshkent - 2017

UO'K: 531  
KBK 22.2 ya 73  
A 15

A.A.Abdumalikov, H.M.Sattorov. Mexanika. (O'quv qo'llanma). – T.: "Barkamol fayz media", 2017, 288 bet.

Ushbu o'quv qo'llanma Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan universitetlar fizika va astronomiya ta'lim yo'nalishlari uchun tasdiqlangan o'quv dasturiga mos holda yozilgan. Unda moddiy nuqta va qattiq jism kinematikasi va dinamikasi, kuch va energiya tushunchalari, saqlanish qonunlari, suyuqlik kinematikasi va dinamikasi qonunlari keng va atroflicha ko'rib chiqilgan hamda ularning tatbiqlariga katta e'tibor berilgan. Bundan tashqari, mavzularni mustahkamlash maqsadida har bir bobning oxirida nazorat uchun savollar va shu bobga tegishli masalalar joylashtirilgan. O'quv qo'llanmada fizikani o'rganishda muhim hisoblangan matematik apparatga ham keng o'rin berilgan. Qo'llanmada keltirilgan rasmlar, jadvallar va ilovalar uning matnini to'ldiradi. Qo'llanma universitetlarning fizika va astronomiya ta'lim yo'nalishlarida tahsil olayotgan talabalar uchun mo'ljallangan. Undan pedagogika va boshqa oliy ta'lim muassasalari talabalari va o'qituvchilari ham foydalanishi mumkin.

UO'K: 531  
KBK 22.2 ya 73

#### Tag'rizchilar:

D.E.Nazirov – *fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent*,  
O.Burtonho'jaev – *texnika fanlari nomzodi, dotsent*.

ISBN 978-9943-5143-2-4

© «Barkamol fayz media» nashriyoti, 2017.

## I-bob

### Fazo, vaqt, harakat

"Kuzatuv, mulohaza qilish va tajriba - ilmiy metodning tashkil qiluvchilaridir".  
R. Feynman.

#### 1.1 Mexanika va matematika. Bilishning ilmiy usuli

Harakatni boshqaruvchi obyektiv qonunlarni o'rnatishga urinish antik davridayoq boshlangan edi. Ammo mexanika fan si-fatida yaratuvchisi Isaak Newton (1642-1727) tomonidan tajriba natijalarining tahlili, yangi fizik tushunchalar kiritish va ular o'r-tasidagi mutanosiblikning qat'iy matematik asoslari o'rnatildi va matematika fanda yagona til hamda uning yutuqlarini insoniyat hamjamiyatining amaliy maqsadlarida qo'llashda qudratli vosita bo'lib qoldi.

Matematika fan tili sifatida ikki vazifani bajaradi. Birinchidan, matematik ifodalarning aniqligi fizik kattaliklarni universal usulda aniqlash imkonini berib, istalgan joydagi istalgan mutaxassis to-monidan bu kattalikning berilgan aniq qiymati, istalgan boshqa mutaxassis tomonidan bir xil ma'noda tushuniladi. Masalan, ilmiy oynoma orqali, biror jismning tajribada o'lchangan tezligi "sekun-diga bir metr" ekanligi haqidagi xabar yoritilsa, bu ma'lumot bar-cha, shu sohadagi qiziquvchi kitobxonlar tomonidan, tezlik haqida  $v = dr/dt$  ko'rinishdagi aniq matematik ifoda borligidan, "se-kundiga bir metr" nima ekanligi birday tushuniladi. Keyinroq, jismning harakat tezligi tushunchasini qat'iy, obyektiv aniqlash muammosi oliy matematikaning rivojlanishiga turtki bo'lgan.

Ikkinchidan, qandaydir hodisalar o'rtaidagi bog'lanishlarni matematik ifodalar orqali shakllantirish, ularni matematik tildan

foydalanmasdan, faqat soʻzlar vositasidan foydalanganda muqarrar yuzaga kelishi mumkin boʻlgan notoʻgʻri va bir xil maʼnoga ega boʻlmagan talqin qilishni bartaraf qiladi. Masalan, Aristotel harakat qonunini shunday taʼriflagan edi: jism harakatini doimiy tezlikda saqlab turish uchun unga biror bir kuch bilan taʼsir qilib turish kerak. Kundalik kuzatuvlar nuqtai nazaridan bir qarashda bunday daʼvo oʻrinli deb koʻrinadi. Haqiqatan ham, biror jismni gorizonttal sirt boʻylab qoʻzgʻatish uchun unga aniq bir kuchlanish bilan taʼsir qilish kerak. Shunga qaramasdan, zamonaviy mexanika nuqtai nazaridan bu yangilash daʼvo va bu xato, oʻsha davrda "kuch" tushunchasini qatʼiy matematik aniqlash imkonini boʻlmaganligi sababidan faylasuflar va olimlar ongida (xususan, Aristotelning qadimiy dunyo olimlari orasidagi katta obroʻsi tufayli) ikki yarim ming yildan ortiq vaqt saqlanib kelgan. Bu xato faqatgina, har birimizga maktabdan maʼlum boʻlgan, Newton tomonidan kuch haqidagi zamonaviy,  $F = ma$  taʼrif berilgach toʻgʻrilandi. Bundan, xususan, jismning doimiy tezlik bilan harakatlanishi uchun (tezlanish a nolga teng boʻlgan holda) tashqi kuchlar zarur emasligi kelib chiqadi, kundalik kuzatuvlar esa bu holda jismga qoʻyilgan kuchlarning muvozanatda boʻlishidan dalolat beradi.

Boshqa tabiiy fanlar bilan solishtirganda, fizika, xususan, mexanika koʻp hollarda miqdoriy bayon etilishga yoʻl qoʻyadi va ancha yoin formallashtirilgan. Biroq barcha tabiiy fanlarda boʻlgani kabi, tayanch maʼlumotlar asosan tajriba natijalaridan kelib chiqishini taʼkidlash lozim. Shu bilan bir qatorda, tabiiy fanlarda asosiy tushunchalar (mexanikada ham) har qanday formallashtirilgan taqdirga ham, mutlaqo aksiomatik emas, balki insoniyat tajribasiga asoslangan boʻlib, hozirgi kundagi moddiy olamni bilishda erishilgan maʼlumotlarni (yutuqlarni) aks ettirishini ham yodda tutish kerak. Amalda ular oʻrtasidagi miqdoriy munosabatlar mavjud boʻlgan tajriba natijalari orqali aniqlanadi.

Shunday qilib, matematika tabiatni tadqiq etishning qurollaridan birini beradi, lekin tabiiy fanlar oʻrnini bosa olmaydi. (Bu holatni tushunmaslik "maktabda" - nafaqat maktab oʻquvchilari oʻrtasida yoʻl qoʻyiladigan xatolarning manbai boʻladi.) Biroq tabiiy fanlarning yana bir prinsipial, matematik modellar chegarasidan chiquvchi xossasi mavjud, bu har qanday miqdoriy tavsifning

prinsipial noaniqligi, taqribiyligidir. Mexanika, fizika, kimyo va boshqa fanlarda birorta ham formulani mutlaq toʻgʻri deb boʻlmaydi, u faqatgina koʻrsatilgan yoki koʻzda tutilgan qoʻllanish chegarasi doirasidagina oʻrinli boʻladi. Shu bilan birga birorta ham tajribada aniqlangan kattalik, agar u qanday sharoitda va qanday aniqlik bilan oʻlchanganligi koʻrsatilgan boʻlmasa, maʼnoga ega boʻlmaydi.

## 1.2 Fazo va vaqt

"Harakat" deganda nimani tushunishimizni aniqlashga harakat qilib koʻramiz. Umumiy olganda bu tushuncha mutlaqo aniqlangan deb qaralsa ham boʻladi, lekin biz shunday bir taʼrif berishimiz kerakki, u oʻzida, birinchidan, mumkin boʻlgan harakatlarning turli xil xossalari aniqlash usullarini koʻrsata oladigan boʻlsin, ikkinchidan, aniqlanadigan bu xossalarni umum qabul qilingan tilda, yaʼni matematik belgi va formulalar yordamida ifodalash imkonini bersin. Harakat toʻgʻrisida yetarli darajada ommabop boʻlgan quyidagi taʼrif mavjud: harakat – bu vaqt oʻtishi bilan jismning fazoda tutgan oʻrning nisbiy oʻzgarishidir. Bunday taʼrifda, "fazo" va "vaqt" tushunchalari mutlaqo tabiiy va hech qanday maxsus, formal aniqlashtirish talab qilinmaydigan tushunchalar ekanligi oldindan nazarda tutilgandek koʻrinadi.

Amalda esa, bu tushunchalarning oʻzi moddiy buyumlar va ular bilan sodir boʻlayotgan voqealar orqali aniqlanishi mumkin ekan. Aytish mumkinki, harakat – kuzatilayotgan jismning boshqa jismlarga nisbatan koʻchishidir, yaʼni harakat boʻlishi uchun boshqa jismlarning mavjud boʻlishi shart. Shunday qilib, fazo moddiy obyektning joylashishi bilan beriladi. Vaqt esa, oʻz navbatida, voqealarning ketma-ketligi orqali angatlanadi. Agar hech narsa sodir boʻlmayotgan boʻlsa, vaqtning oʻtishi ham boʻlmaydi. Oldimizga shunday savol qoʻyamiz: hozirgi zamon tushunchasiga koʻra bizning olamning evolutsiyasiga sabab boʻlgan "buyuk portlash" dan bir daqiqaga oldin nima boʻlgan edi? Javob: agar bizning Koinot evolutsiyasi haqidagi tasavvurlarimiz toʻgʻri boʻlsa, bu savol maʼnoga ega emas, chunki ungacha uning oʻzi boʻlmagan.

Biz uchun qandaydir koʻrish assotsiatsiyasi orqali tushuniladi-

gan fazodan farqli o'laroq, vaqt – nisbatan abstraktrroq, bizning hayotiy tajribamizga asoslangan tushuncha bo'lib, qaysiki, uning bir tomonga oqishidek fundamental xossasi haqida guvohlik beradi. Sabab – oqibat bog'lanish tushunchalari unga asoslangan.

Bunday paradoksal holat biror bir amaliy qiyinchilikka olib kelmaydi. Masala shundaki, biz fazo va vaqt uchun mantiqiy, beka-k'o'st ta'rifni shakllantira olmasakda, eng asosiy narsa, ya'ni har qanday hodisani o'rganish va tavsiflash uchun kerak bo'ladigan uning xossalari aniqlash va o'lchash natijalarini matematik tilda taqdim qilish usullarini ko'rsatishimiz mumkin. Ta'rif kiritamiz: qandaydir kattalikni o'lchash – bu, shartli ravishda o'lchov birlik etaloni deb qabul qilingan bir jinsli kattalik bilan taqqoslashdir.

U holda, fazoni bir jismni ikkinchisidan ajratib turuvchi nima deb tasavvur qilsak, bu nimani bir jinsli to'g'ri chiziqli qat-tiq sterjen yordamida o'lchashimiz mumkin va uni fazodagi ix-tiyoriy ikki jism o'rtasidagi masofaning etalon o'lchovi deb kel-ishamiz. Biz qabul qilgan etalon ko'rilyotgan jismlar orasidagi eng qisqa masofaga necha marta joylasha olishini o'lchab, bu masofani yoki boshqacha aytganda, uzunlikni, aniq sonlar ko'rinishida ifo-dalashimiz mumkin. Ushbu son bizni qiziqtirayotgan, etalon ster-jenni tanlash bilan aniqlanadigan, "uzunlik birligi" dagi masofani ifodalaydi.

Uzoq yillar davomida uzunlik etaloni sifatida Fransiya joy-lashgan Xalqaro o'lchovlar byurosida saqlanayotgan Platina va Iri-diy qotishmasidan tayyorlangan maxsus sterjenda belgilangan ikki shtrix orasidagi, "metr" deb nom olgan, aniq bir masofa xizmat qilib keldi. Bu etalonning aniq nusxalari bir qator mamlakatlarda ham mavjud bo'lgan. Biroq hozir, zamonaviy fan va texnika-ni oshib borgan talabini qoniqtirmaganligi va tashqi sharoitning o'zgarishiga o'ta sezgirligi sababli bu etalondan voz kechildi. Bu-gunga kelib, uzunlik etaloni sifatida, kripton kimyoviy elementining ichki holatini aniq bir o'zgarishidagi elektromagnit nurlanishning to'liq uzunligi qabul qilingan. Amalda esa, uzunlik o'lchov birligi sifatida 1 metrdan foydalaniladi. Bu uzunlik birligiga yuqorida qayd qilingan etalon to'liq uzunlikdan 1650763,73 tasi joylashadi.

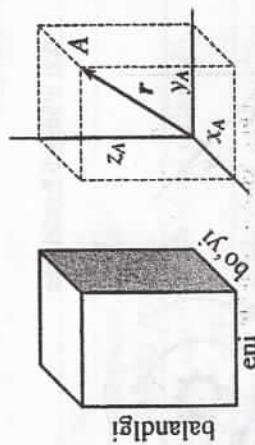
Jismlar o'rtasidagi fazoviy intervallarni o'lchash usulini bilgan holda, ko'rsatilgan o'lchashlar yordamida tadqiq qilinishi mumkin

bo'lgan fazo xossalari muhokamasiga o'tish mumkin. Bun-day xossalar ikkita: uch o'lchovlilik va evklidlik. Muhokamani tartib bilan, ya'ni "fazo uch o'lchovlidir" deb ta'kidlanuvchi xos-sadan boshlaymiz. Kundalik hayotda biz fazoning bu xossasini, har qanday jismning fazoda egallab turgan vaziyatini (yoki jism egallagan fazo elementini) odatiy bo'lgan dalil, biror bir aniqlik bilan, uch parametr (yoki kattalik): "balandligi", "eni", "bo'yi" bilan aniqlashimiz mumkin. Yanada aniqroq aytilsa, fazoning uch o'lchovlili, fazoning biror bir A nuqtasining boshqa bir B nuq-tasiga nisbatan holatini aniqlash uchun uch fazoviy interval berili-shi kifoya qilishini bildiradi (1.1-rasm).

Xususiy holda, B nuqta bilan to'g'ri burchakli koor-dinatalar sistemasining boshi mos kelsa, yuqorida keltir-ilgan uch o'lchovli fazoviy interval, A nuqtaning mos koordinatalari  $x_A, y_A, z_A$  bi-lan mos tushadi.

Endi, fazoning ikkinchi xossasi haqida so'z yurita-miz. Fazoning ikkinchi xossasi ham tajriba asosida

aniqlanib, "bizning fazo Evklid fazodir" deb ta'kidlanadi, ya'ni unda bizga ma'lum bo'lgan evklid geometriyasidagi barcha teoremlar, masalan, Pifagor teoremasi yoki uchburchakning barcha burchaklari yig'indisi  $180^\circ$  ga tengligi haqidagi teoremlar o'rindir. Uch o'lchovlilik kabi fazoning bu xossasi ham yaqqol ko'rinib turgan va uni tasdiqlash uchun hech qanday o'lchashlarni talab qilmaydigan xossadir. Agar biz uch o'lchovli fazoning mumkin bo'lgan geometrik xossalari emas, balki sodda, tasavvur qilish oson bo'ladigan ikki o'lchovli fazoning (masalan, istalgan jismning holatini ikki koordinata bilan aniqlanishi mumkin bo'lgan stol sirtini) xossalari o'rganadigan bo'lsak, bu yaqqollik o'z tasdig'ini topmaydi (1.2-rasm). Stolning yassi sirtida Evklid geometriyasining barcha teoremlari o'z tasdig'ini topadi, shuning uchun, bunday ikki o'lchovli fazo ikki o'lchovli Evklid fazosi deb



1.1-rasm.