Ի. Վ. ՍԱՎԵԼԵՎ

ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԴԱՍԸՆԹԱՑ

I ՀԱՏՈՐ

ՄԵԽԱՆԻԿԱ, ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐ ԵՎ ԱԼԻՔՆԵՐ, ՄՈԼԵԿՈՒԼՅԱՐ ՖԻԶԻԿԱ

ԹԱՐԳՄԱՆՎԱԾ Է ՌՈՒՍԵՐԵՆ ՀԻՆԳԵՐՈՐԴ ՀՐԱՏԱՐԱԿՈՒԹՅՈՒՆԻՑ

Թույլատրված է
ՍՍՀՄ բարձրագույն և միջնակարգ մասնագիտական կրթության մինիստրության կողմից որպես ուսումնական ձեռնարկ բարձրագույն տեխնիկական ուսումնական հաստատությունների ուսանողների համար

«ԼՈՒՅՍ» ՀՐԱՏԱՐԱԿՉՈՒԹՅՈՒՆ
ԵՐԵՎԱՆ—1977

Գրքի գլխավոր նպատակն է ուսանողներին ծանոթացնել առաջին հերթին ֆիզիկայի հիմնական գաղափարների և մեթոդների հետ։ Հատուկ ուշադրություն է դարձված ֆիզիկական օրենքների իմաստի բացատրման և նրանց գիտակցական կիրառման վրա։ Չնայած գրքի համեմատաբար ոչ մեծ ծավալին, այն իրենից ներկայացնում է լուրջ ձեռնարկ, որը ապահովում է բավարար պատրաստություն հետագայում տեսական ֆիզիկայի և այլ ֆիզիկական առարկաների հաջող յուրացման համար։

Ա $\frac{702 \quad 1977}{60406 \quad 150 \quad 77}$

Игорь Владимирович Савельев
КУРС ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

ТОМ I

(на армянском языке)
Издательство „Луйс"
Ереван, 1977

ՉՈՐՐՈՐԴ ՀՐԱՏԱՐԱԿՈՒԹՅԱՆ ԱՌԱՋԱԲԱՆԸ

Սույն հրատարակությունը նախապատրաստելիս գիրքը զգալիորեն վերամշակվել է։ Նորից են գրվել (լրիվ կամ մասամբ) 7, 17, 18, 22, 27, 33, 36, 37, 38, 40, 43, 68, 88 պարագրաֆները։ Էական լրացումներ կամ փոփոխություններ են արված 2, 11, 81, 89, 104, 113 պարագրաֆներում։

Երկրորդ և երրորդ հրատարակությունները նախապատրաստելիս նորից են գրվել 14, 73, 75 պարագրաֆները։ Էական փոփոխություններ կամ լրացումներ են մտցվել 109, 114, 133, 143 պարագրաֆներում։

Այսպիսով, առաջին հրատարակության հետ համեմատած առաջին հատորի պատկերը զգալիորեն փոխվել է։ Այդ փոփոխությունները արտացոլում են այն մեթոդական փորձը, որ կուտակել է հեղինակը վերջին տասը տարում Մոսկվայի ինժեներա-ֆիզիկական ինստիտուտում ընդհանուր ֆիզիկա դասավանդելով։

1969 թ. նոյեմբեր Ի. Սավելև

ԱՌԱՋԻՆ ՀՐԱՏԱՐԱԿՈՒԹՅԱՆ ԱՌԱՋԱԲԱՆԻՑ

Ընթերցողների ուշադրությանը ներկայացվող գիրքը բուհների համար ընդհանուր ֆիզիկայի դասընթացի ուսումնական ձեռնարկի առաջին հատորն է։ Հեղինակը մի քանի տարվա ընթացքում ընդհանուր ֆիզիկա է դասավանդել Մոսկվայի ինժեներա-ֆիզիկական ինստիտուտում։ Ուստի բնական է, որ նա ձեռնարկը գրել է ամենից առաջ բուհերի ինժեներա-ֆիզիկական մասնագիտությունների ուսանողների համար։

Գիրքը գրելիս հեղինակը ձգտել է սովորողներին ծանոթացնել ֆիզիկական գիտության հիմնական գաղափարների և մեթոդների հետ, սովորեցնել նրանց ֆիզիկորեն մտածել։ Այդ պատճառով գիրքը իր բնույթով հանրագիտարանային չէ։ Նրա բովանդակությունը հիմնականում նվիրված է ֆիզիկական օրենքների իմաստը պարզաբանելուն և այդ օրենքները գիտակցորեն կիրառել սովորեցնելուն։

Հեղինակը ձգտել է հասնել ոչ թե հարցերի առավելագույն չափով լայն շրջանի վերաբերյալ ընթերցողի իրազեկությանը, այլ ֆիզիկական գիտության ֆունդամենտալ հիմունքների խոր իմացությանը։

1961 թ. Ի. Սավելև

ԱՌԱՋԻՆ ՄԱՍ
ՄԵԽԱՆԻԿԱՅԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐԸ

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Մեխանիկան ուսմունք է մատերիայի շարժման պարզագույն ձևի մասին, որը կայանում է մարմինների կամ նրանց մասերը իրար նկատմամբ տեղափոխման մեջ։

Մարմինների տեղաշարժը շարունակ տեսնում ենք առօրյա կյանքում։ Այստեղից հետևում է մեխանիկական պատկերացումների ակնառությունը։ Հենց սրանով է բացատրըվում այն հանգամանքը, որ բնական գիտությունների մեջ մեխանիկայի մասին գիտությունը բոլորից առաջ է լայն զարգացում ստացել։

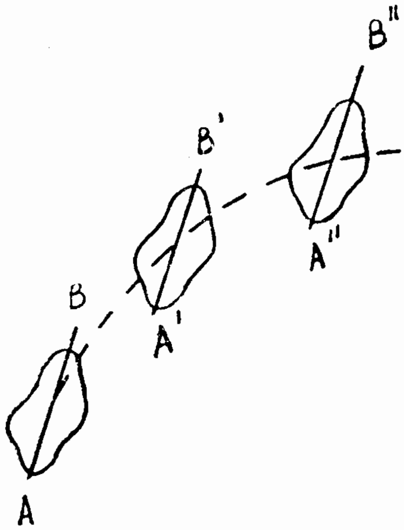
Նույն մարմնի շարժումը տարբեր մարմինների նկատմամբ կարող է տարբեր բնույթ ունենալ։ Օրինակ, եթե 1 մարմինը մեր նկատմամբ գտնվում է հանգստի վիճակում, իսկ 2 և 3 մարմինները նույն կողմն են շարժվում միևնույն արագությամբ, ապա 3 մարմինը 1 մարմնի նկատմամբ կտեղաշարժվի, իսկ 2 մարմնի նկատմամբ կգտնվի հանգստի վիճակում։ Ուստի շարժումը նկարագրելու համար անհրաժեշտ է պայմանավորվել, թե որ մարմնի (կամ իրար նկատմամբ անշարժ մարմինների խմբի) նկատմամբ է հաշվվելու տվյալ մարմնի տեղաշարժը։ Այդ նպատակով ընտրված մարմինը (կամ մարմինների խումբը) կազմում է հաշվանքի համակարգ։

Գործնականորեն շարժումը նկարագրելու համար հարկ է լինում հաշվանքի համակարգը կազմող մարմինների հետ կապել որևէ կոորդինատային համակարգ, օրինակ՝ կոորդինատների դեկարտյան կամ ուղղանկյունային համակարգը:

Մարմնի կոորդինատները հնարավորություն են տալիս որոշել նրա դիրքը տարածության մեջ: Սակայն շարժում տեղի է ունենում ինչպես տարածության մեջ, այնպես էլ ժամանակի ընթացքում (տարածությունը և ժամանակը մատերիայի գոյության անբաժանելի ձևերն են): Ուստի շարժումը նկարագրելու համար անհրաժեշտ է նաև հաշվել ժամանակը: Այն հաշվում են ժամացույցի օգնությամբ:

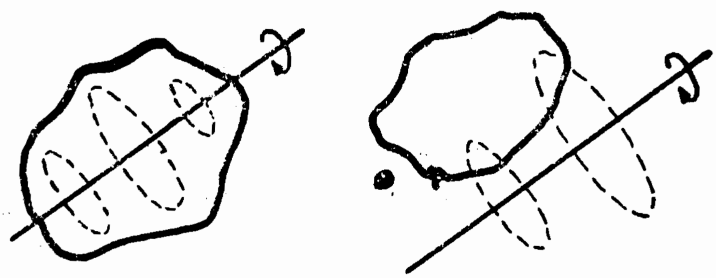
Ընտրված հաշվանքի համակարգի հետ կապված կոորդինատային համակարգ և ժամացույց օգտագործելով, կարելի է անցնել մարմինների շարժման նկարագրմանը:

Մարմիններն ընդհանրապես շարժվում են ուժերի ազդեցության տակ: Այդ ուժերի ազդեցությունը, շարժման բնույթը որոշելուց բացի, առաջացնում է նաև մարմինների դեֆորմացիա, այսինքն փոփոխում է նրանց չափերը և ձևը: Շատ հաճախ դեֆորմացիաները այնքան աննշան են լինում, որ մարմնի շարժումը նկարագրելիս արհամարհում են: Այն մարմինը, որի դեֆորմացիաները կարելի է արհամարհել քննարկվող խնդրի պայմաններում, կոչվում է **բացարձակ պինդ մարմին**: Պետք է նկատի ունենալ, որ բնության մեջ բացարձակ պինդ (այսինքն՝ բոլորովին չդեֆորմացվող) մարմիններ գոյություն չունեն: Միայն դեֆորմացիաների արհամարհելիորեն փոքր դերը մարմինների շարժման ժամանակ հնարավորություն է տալիս որոշակի պայմաններում մարմինները դիտել որպես բացարձակ պինդ մարմիններ:



Նկ. 1

Երբեմն մարմինների շարժումները քննարկելիս արհամարհում են նրանց չափերը: Դա տեղի է ունենում այն դեպքերում, երբ մարմնի չափերը ավելի փոքր են այն չափերից, որոնց հետ հարկ է լինում գործ ունենալ տվյալ խնդրի պայմաններում: Օրինակ՝ Լենինգրադից Մոսկվա գնալու ժամանակ անցած ճանապարհը որոշելիս ավտոմեքենայի չափերը լրիվ կարելի է արհամարհել:



ա) բ)

Նկ. 2

Այն մարմինը, որի չափերը տվյալ խնդրի պայմաններում կարելի է արհամարհել, կոչվում է **նյութական կետ**: Այն հարցը, թե տվյալ կոնկրետ մարմինը կարելի է դիտել որպես նյութական կետ, թե ոչ, կախում ունի ոչ թե մարմնի չափերից, այլ խնդրի պայմաններից: Նույն մարմինը որոշ դեպքերում համարվում է նյութական կետ, իսկ այլ դեպքերում՝ որպես տարածական մարմին: Այսպես, Արեգակի շուրջը Երկրի շարժման հետագիծը հաշվելիս Երկիրը կարելի է դիտել որպես նյութական կետ: Իսկ Երկրի մակերևույթի վրայով մարմինների շարժումը քննարկելիս Երկիրը պետք է դիտել որպես տարածական մարմին:

Պինդ մարմնի յուրաքանչյուր շարժումը կարելի է բաժանել շարժման երկու հիմնական տեսակների՝ համընթացի և պտտականի:

Համընթաց շարժումը այնպիսի շարժում է, որի դեպքում շարժվող մարմնի հետ կապված ցանկացած ուղիղը մնում է ինքն իրեն զուգահեռ (Նկ. 1):

Պտտական շարժման դեպքում մարմնի բոլոր կետերը շարժվում են շրջանագծերով, որոնց կենտրոնները գտնվում են միևնույն ուղղի՝ պտտման առանցքի վրա (Նկ. 2)։ Պտըտման առանցքը կարող է գտնվել մարմնից դուրս (Նկ. 2, բ)։

Քանի որ որպես նյութական կետ ընդունված որևէ մարմնի մասին խոսելիս վերանում ենք նրա տարածական լինելու գաղափարից, այդպիսի մարմնի համար նրա միջով անցնող առանցքի շուրջը պտտական շարժման հասկացությունը կիրառելի չէ։

Մեխանիկան ստորաբաժանվում է երեք բաժինների. 1) կինեմատիկա, 2) ստատիկա և 3) դինամիկա։ Կինեմատիկան ուսումնասիրում է մարմինների շարժումը այդ շարժումը պայմանավորող պատճառներից անկախ, ստատիկան ուսումնասիրում է մարմինների հավասարակշռության պայմանները և, վերջապես, դինամիկան ուսումնասիրում է մարմինների շարժումը՝ կախված շարժման բնույթը պայմանավորող պայմաններից (մարմինների միջև գոյություն ունեցող փոխազդեցությունից)։ Քանի որ հավասարակշռությունը շարժման մասնավոր դեպքն է, ապա ստատիկայի օրենքները դառնում են դինամիկայի օրենքների բնական հետևանքները։ Այդ պատճառով ֆիզիկայի դասընթացներում ստատիկան սովորաբար առանձին չի ուսումնասիրվում։

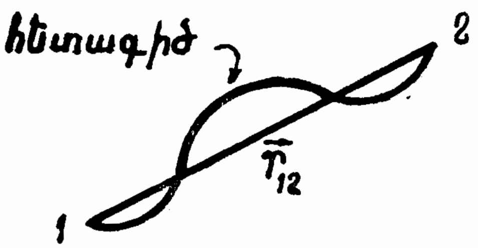
I ԳԼՈՒԽ

ԿԻՆԵՄԱՏԻԿԱ

§ 1. Կետի տեղափոխումը: Վեկտորներ և սկալյարներ

Նյութական կետը իր շարժման ժամանակ գծում է մի ինչ-որ գիծ: Այդ գիծը կոչվում է հետագիծ: Ըստ հետագծի ձևի լինում են ուղղագիծ, շրջանագծային, կորագիծ և այլ շարժումներ:

Դիցուք նյութական կետը (հետագայում համառոտության համար կանվանենք պարզապես կետ) ինչ-որ հետագծով 1 կետից տեղափոխվել է 2 կետը (Նկ. 3): Հետագծի երկարությամբ 1 կետից մինչև 2 կետը հաշված հեռավորությունը իրենից ներկայացնում է անցած ճանապարհը, որը կնշանակենք S-ով:



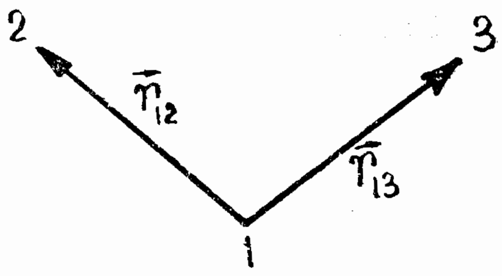
Նկ. 3

1 կետը 2 կետին միացնող ուղիղ հատվածը կոչվում է տեղափոխում: Նշանակենք այն $\vec{r}_{12}$-ով: Տեղափոխումը, բացի իր մեծությունից, որը հավասար է $\vec{r}_{12}$ հատվածի երկարությանը, բնութագրվում է նաև ուղղությամբ: Իսկապես, քննարկենք մեծությամբ հավասար երկու՝ $\vec{r}_{12}$ և $\vec{r}_{13}$ տեղափոխումները (Նկ. 4): Չնայած այս հատվածների երկարությունների հավասարությանը, նրանք բացահայտորեն բոլորովին տարբեր տեղափոխումներ են:

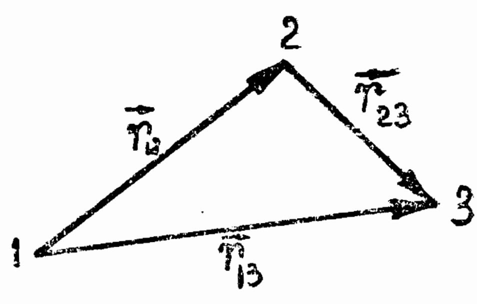
Տեղափոխմանը նման մեծությունները ենթարկվում են գումարման հատուկ կանոնի, որը կարելի է բացատրել հետևյալ օրինակով: Դիցուք կետը հաջորդաբար կատարում է $\vec{r}_{12}$ և $\vec{r}_{23}$ տեղափոխումներ (նկ. 5): Բնականաբար այս երկու տեղափոխումների գումար է կոչվում այն տեղափոխումը, որից ստանում են նույն արդյունքը, ինչ ստացվում է առաջին երկու տեղափոխումներից միասին:

Տեղափոխման նման մեծությունները, որոնք բնութագրվում են թվային արժեքով և ուղղությամբ, և գումարվում են նկ. 5-ում ցույց տրված կանոնի համաձայն, կոչվում են վեկտորներ: Վեկտորների թվին են պատկանում արագությունը, արագացումը, ուժը և մի շարք այլ մեծություններ:

Այն մեծությունները, որոնց արտահայտման համար բավարար է միայն թվային արժեքը, կոչվում են սկալյարներ: Սկալյարներ են, օրինակ՝ ճանապարհը, ժամանակը, մասսան և այլն:



Նկ. 4



Նկ. 5

Ընդունված է վեկտորները նշանակել հաստ տպատառերով (թավ տառեր): Օրինակ՝ 1 կետից դեպի 2 կետը տեղաշարժման վեկտորը նշանակվում է $\mathbf{r}_{12}$-ով: Սովորական տպատառով գրված նույն տառը արտահայտում է վեկտորի թվային արժեքը կամ, ինչպես ասում են, համապատասխան վեկտորի մոդուլը: Գրելիս վեկտորները նշանակում են տառերով, որոնց վրա գրվում են սլաքներ (օրինակ, $\vec{r}_{12}$), նույն տառը առանց սլաքի արտահայտում է վեկտորի մոդուլը: Այս գրքում օգտվելու ենք վերջին նշանակումից: Մոդուլը նշանակելու համար նույնպես օգտվում են վեկտորի պայմանանշանից, այն պարփակելով երկու ուղղահայաց գծիկների միջև: Այսպիսով՝

$$|\vec{A}| = A = \vec{A}$$ վեկտորի մոդուլին,

$$|\vec{r}_{12}| = r_{12} = \vec{r}_{13}$$ վեկտորի մոդուլին:

Վեկտորի մոդուլը սկալյար է, ընդ որում միշտ ունի դրական արժեք:

Գծագրերում վեկտորները պատկերվում են ծայրում սլաքներ ունեցող ուղղագիծ հատվածներով: Հատվածի երկարությունը ըստ սահմանված մասշտաբի վեկտորի մոդուլն է, իսկ հատվածի սլաքով ցույց տրված ուղղությունը՝ վեկտորի ուղղությունը:

Նկ. 5-ում պատկերված վեկտորների գումարման գործողությունը սիմվոլիկ ձևով գրվում է հետևյալ կերպ.

$$\vec{r}_{12} + \vec{r}_{23} = \vec{r}_{13}:$$

§ 2. Որոշ տեղեկություններ վեկտորների մասին

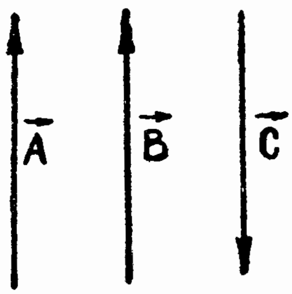
Զուգահեռ ուղիղների ուղղությամբ (միևնույն կամ հակառակ) գնացող վեկտորները կոչվում են կոլինեար վեկտորներ:

Միևնույն հարթությանը զուգահեռ վեկտորները կոչվում են կոմպլանար:

Նույն կողմն ուղղված և միատեսակ մոդուլներով վեկտորները համարվում են իրար հավասար[1]:

[1] Նկատի են առնվում, այսպես կոչված, ազատ վեկտորները, այսինքն՝ այն վեկտորները, որոնք կարող են տարվել տարածության ցանկացած կետից: Ազատ վեկտորներից բացի, լինում են նաև սահող վեկտորներ, որոնց սկիզբը կարող է սահել այդ վեկտորով անցնող ուղիղ գծով, և կապված վեկտորներ, որոնք կիրառված են որոշակի կետում: Վեկտորների վերջին երկու տեսակները կարելի է արտահայտել ազատ վեկտորների միջոցով: Այդ պատճառով վեկտորական հաշվի հիմքում դրված է ազատ վեկտորի գաղափարը, որը սովորաբար կոչվում է պարզապես վեկտոր:

Համարվում է, որ հավասար մոդուլներով, բայց հակառակ ուղղված կոլինեար վեկտորները իրարից տարբերվում են նշանով։ Այսպես, նկ. 6-ում պատկերված վեկտորների և նրանց մոդուլների միջև գոյություն ունեն հետևյալ առնչությունները․

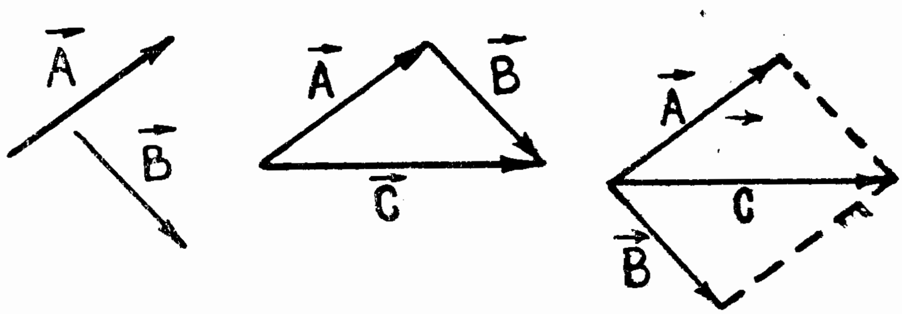


Նկ. 6

$$\vec{A}=\vec{B};\quad \vec{A}=-\vec{C};\quad \vec{B}=-\vec{C};$$

$$A=B=C \text{ կամ } |\vec{A}|=|\vec{B}|=|\vec{C}|։$$

Վեկտորների գումարումը: Նախորդ պարագրաֆում խոսվեց այն մասին, թե ինչպես են գումարվում երկու վեկտորները և ստացվում արդյունարարը: Այժմ այս հարցը քննարկենք ավելի մանրամասն:



ա) բ) գ)

Նկ. 7

Դիցուք տրված են $\vec{A}$ և $\vec{B}$ երկու վեկտորները (նկ. 7, ա)։ Արդյունարար $\vec{C}$ վեկտորը ստանալու համար $\vec{B}$ վեկտորը տեղափոխենք ինքն իրեն զուգահեռ այնպես, որպեսզի նրա սկիզբը համընկնի $\vec{A}$ վեկտորի վերջի հետ[1] (նկ. 7, բ)։ Այդ դեպքում $\vec{A}$ վեկտորի սկիզբը $\vec{B}$ վեկտորի վերջի հետ միաց-

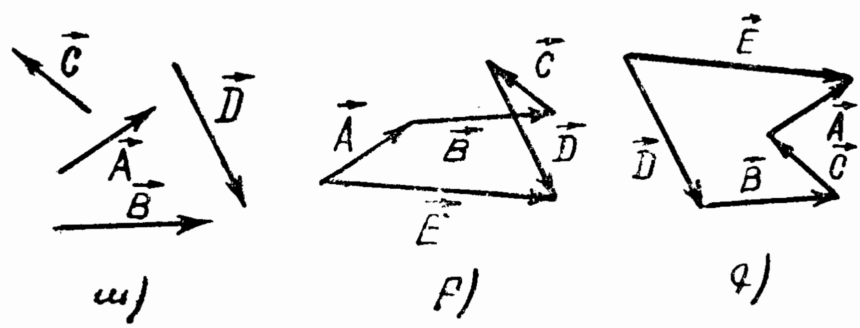
[1] Այսպիսի տեղաշարժը կարելի է դիտել որպես $\vec{B}$ վեկտորի փոխարինում իրեն հավասար այնպիսի մի վեկտորով, որի սկիզբը համընկնում է $\vec{A}$ վեկտորի ծայրի հետ։

նող $\vec{C}$ վեկտորը իրենից կներկայացնի արդյունարար վեկտորը.

$$\vec{C}=\vec{A}+\vec{B}.$$

Սակայն այս կառուցումը կարելի է իրականացնել և այլ ձևով (Նկ. 7, գ)։ $\vec{B}$ (կամ $\vec{A}$) վեկտորը տեղափոխենք այնպես, որպեսզի երկու վեկտորների սկիզբները համընկնեն։ Այնուհետև $\vec{A}$ և $\vec{B}$ վեկտորներով կազմենք զուգահեռագիծ։ Ակնհայտ է, որ այս զուգահեռագծի անկյունագիծը համընկնում է Նկ. 7, բ-ում պատկերված եղանակով ստացված $\vec{C}$ վեկտորի հետ։ Այդ պատճառով երբեմն ասում են, որ վեկտորները գումարվում են զուգահեռագծի կանոնով։

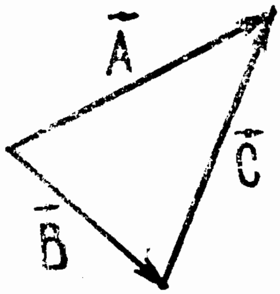
Քննարկված երկու՝ բ) և գ) եղանակները տալիս են նույն արդյունքը։ Սակայն երկուսից ավելի վեկտորների գումարման դեպքում բ) եղանակը ավելի պարզ է և հարմար։ Դիցուք տրված են $\vec{A}$, $\vec{B}$, $\vec{C}$ և $\vec{D}$ վեկտորները (Նկ. 8)։ Վեկ-



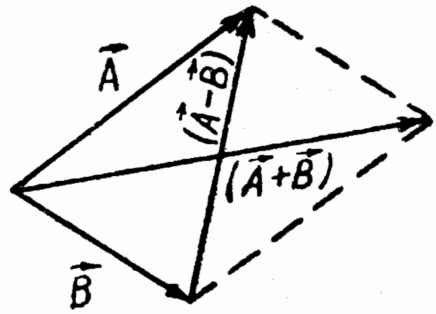
Նկ. 8

տորները իրենք իրենց նկատմամբ զուգահեռ տեղափոխենք այնպես, որ հաջորդ վեկտորի սկիզբը համընկնի նախորդի վերջի հետ։ Կստացվի բեկյալ գիծ։ Արդյունարար վեկտորը կլինի $\vec{E}$ վեկտորը, որ միացնում է գումարելի վեկտորներից առաջին $\vec{A}$ վեկտորի սկիզբը վերջին $\vec{D}$ վեկտորի ծայրի հետ։ Հեշտ է համոզվել, որ արդյունարար $\vec{E}$ վեկտորը կախված չէ տրված վեկտորների գումարման հաջորդականությունից: Նկ. 8, բ-ում ցույց է տրված $\vec{E}=\vec{A}+\vec{B}+\vec{C}+\vec{D}$ դեպքը, իսկ Նկ. 8, գ-ում՝ $\vec{E}=\vec{D}+\vec{B}+\vec{C}+\vec{A}$ դեպքը:

Վեկտորների հանումը: *Երկու վեկտորների* $\vec{A}-\vec{B}$ *տարբերություն է կոչվում* $\vec{C}$ *վեկտորը, որի և* $\vec{B}$ *վեկտորի գումարը տալիս է* $\vec{A}$ *վեկտոր* (Նկ. 9): Քանի որ $\vec{A}-\vec{B}$ տարբերությունը կարելի է ներկայացնել հետևյալ տեսքով՝



Նկ. 9



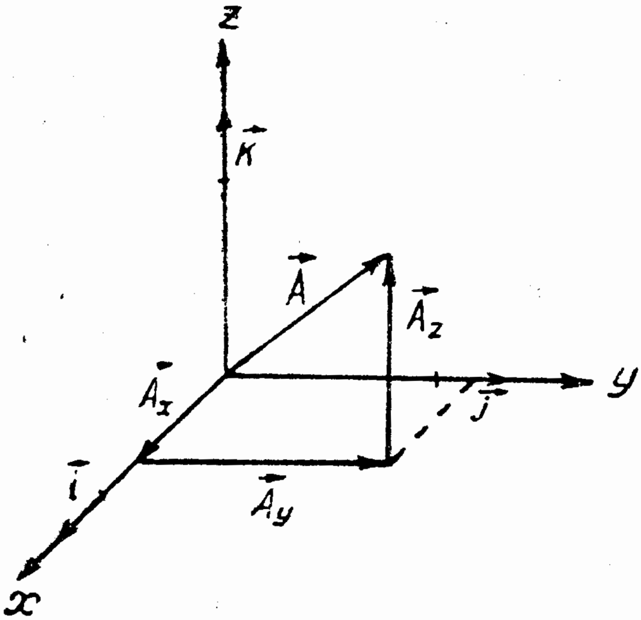
Նկ. 10

$$\vec{A}-\vec{B}=\vec{A}+(-\vec{B}),$$

ուրեմն $\vec{C}=\vec{A}-\vec{B}$ վեկտորը կարելի է ստանալ $\vec{A}$ վեկտորը $\vec{B}$ վեկտորին մեծությամբ հավասար, բայց նրան հակառակ ուղղություն ունեցող վեկտորի հետ գումարելով:

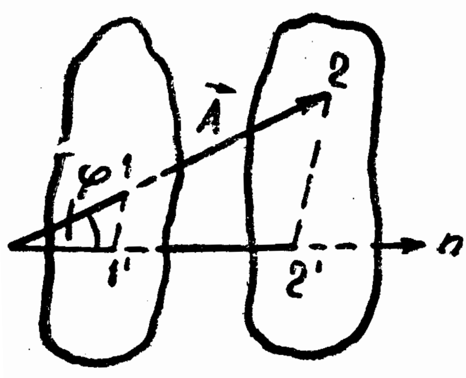
Նկ. 10-ում համեմատված են $\vec{A}$ և $\vec{B}$ վեկտորների գումարն ու տարբերությունը:

Վեկտորների վերածումը բաղադրիչների: Յուրաքանչյուր $\vec{A}$ վեկտորը կարելի է փոխարինել մի քանի՝ $\vec{A}_1$, $\vec{A}_2$ և այլն, վեկտորներով, որոնց գումարը տալիս է $\vec{A}$ վեկտոր: Այս դեպքում $\vec{A}_1$, $\vec{A}_2$ և այլն վեկտորները կոչվում են $\vec{A}$ վեկտորի բաղադրիչներ: $\vec{A}$ վեկտորը մի քանի վեկտորներով փոխարինելու գործողությունը կոչվում է $\vec{A}$ վեկտորի վերածում բաղադրիչների: Նկ. 11-ում ցույց է տրված $\vec{A}$ վեկտորի վերածումը ուղղանկյուն կոորդինատային առանցքների ուղղություններ ունեցող բաղադրիչների. $\vec{A}_x$, $\vec{A}_y$, $\vec{A}_z$ պայմանանշաններով նշանակված են $\vec{A}$ վեկտորի բաղադրիչները x, y և z առանցքների ուղղությամբ:



Նկ. 11

Վեկտորի պրոյեկցիան առանցքի վրա: Ենթադրենք տրված են $\vec{A}$ վեկտորը և մի որևէ ուղղություն տարածության մեջ (առանցք), որը կնշանակենք, օրինակ, n տառով (Նկ. 12): Տանենք $\vec{A}$ վեկտորի սկզբով և վերջով n ուղղությանը ուղղահայաց երկու հարթություններ: 1′ և 2′ կետերը, որտեղ այդ հարթությունները հատվում են n առանցքի հետ, կոչվում են $\vec{A}$ վեկտորի սկզբի և վերջի պրոյեկցիաներ n առանցքի վրա: Առանցքի հատվածը, որը պարփակված է երկու հարթությունների միջև, կոչվում է $\vec{A}$ վեկտորի պրոյեկցիա n ուղղության (կամ առանցքի) վրա: Վեկտորի պրոյեկցիան սկալյար մեծություն է: Եթե 1′ կետը 2′ կետի հետ միացնող ուղղի ուղղությունը համընկնում է n ուղղության հետ, պրոյեկցիան համարվում է դրական, հակառակ դեպքում պրոյեկցիան բացասական է:



Նկ. 12

Պրոյեկցիան նշանակվում է նույն տառով, ինչ որ վեկտորը՝ մեկ ինդեքսի հավելումով, որը ցույց է տալիս այն ուղղությունը, որի վրա պրոյեկցված է վեկտորը։ Օրինակ, $\vec{A}$ վեկտորի պրոյեկցիան n ուղղության վրա նշանակվում է A_n-ով։

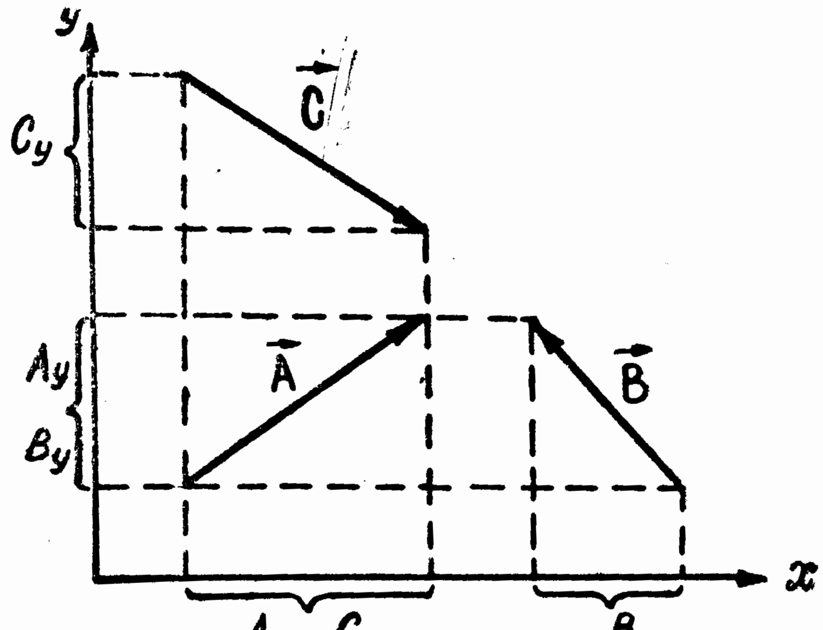
Քննարկենք φ անկյունը, որը կազմված է $\vec{A}$ վեկտորով և n առանցքով (Նկ. 12)։ Ակնհայտ է, որ A_n պրոյեկցիան կարելի է հաշվել հետևյալ կերպ․

$$A_n = A\cos\varphi, \tag{2.1}$$

որտեղ A-ն $\vec{A}$ վեկտորի մոդուլն է։

Եթե վեկտորը տվյալ ուղղության հետ կազմում է սուր անկյուն, այդ անկյան կոսինուսը դրական է, և վեկտորի պրոյեկցիան նույնպես դրական է։ Եթե վեկտորը առանցքի հետ կազմում է բութ անկյուն, այդ անկյան կոսինուսը բացասական է, և պրոյեկցիան նույնպես բացասական է։ Եթե վեկտորը ուղղահայաց է տվյալ առանցքին, նրա պրոյեկցիան հավասար է զրոյի։

Նկ. 13-ում ցույց են տրված մի քանի վեկտորների պրոյեկցիաները x և y կոորդինատային առանցքների վրա։ Այս



Նկ. 13

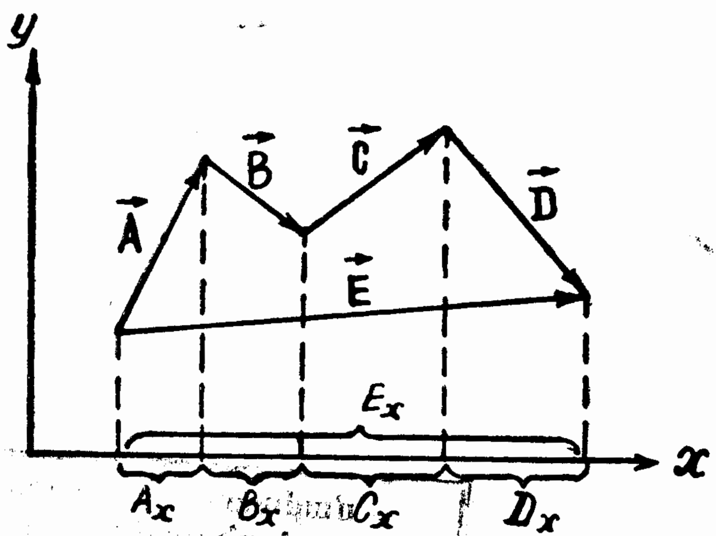
պրոյեկցիաների համար իրավացի են հետևյալ առնչությունները․

$$A_x = C_x > 0, \quad B_x < 0,$$
$$A_y = B_y > 0, \quad C_y < 0։$$

Եթե $\vec{A}$ վեկտորը x, y և z առանցքների հետ կազմում է α, β և γ անկյուններ, նրա պրոյեկցիաները հավասար կլինեն՝

$$\left.\begin{aligned} A_x &= A\cos\alpha, \\ A_y &= A\cos\beta, \\ A_z &= A\cos\gamma: \end{aligned}\right\} \qquad (2.2)$$

Հեշտ է հասկանալ, թե ինչպես երեք կոորդինատային առանցքների վրա տրված պրոյեկցիաների միջոցով կարելի է կառուցել վեկտորը: Հետևաբար, ամեն մի վեկտոր կարելի է որոշել երեք թվերով՝ կոորդինատների առանցքների վրա նրա պրոյեկցիաներով: Հիշենք, որ սկալյար մեծությունը տրվում է միայն մեկ թվով:



Նկ. 14

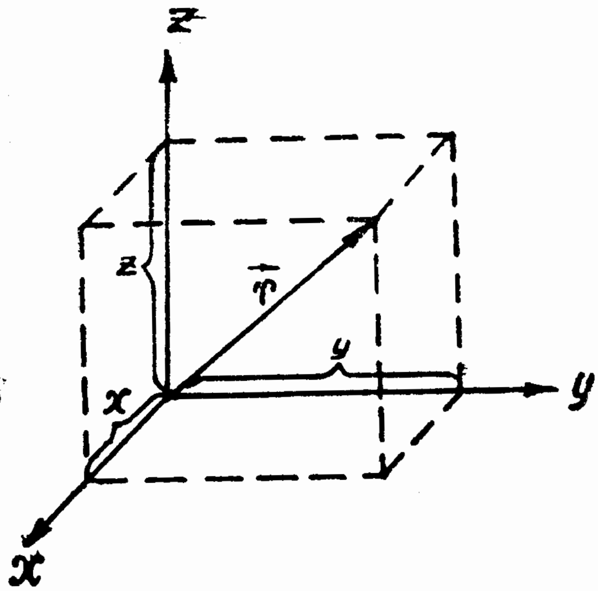
Քննարկենք մի քանի վեկտորների $\vec{E}=\vec{A}+\vec{B}+\vec{C}+\vec{D}$ գումարը (նկ. 14): Ակնհայտ է, որ

$$E_x = A_x + B_x + C_x + D_x, \qquad (2.3)$$

այսինքն՝ վեկտորների գումարի պրոյեկցիան որևէ ուղղության վրա հավասար է նույն ուղղության վրա գումարվող վեկտորների պրոյեկցիաների գումարին:

Շառավիղ-վեկտոր: Կետի շառավիղ-վեկտոր է կոչվում կոորդինատների սկզբնակետից դեպի տվյալ կետը տարած վեկտորը (Նկ. 15)։ $\vec{r}$ շառավիղ-վեկտորը միարժեք որոշում է կետի դիրքը տարածության մեջ։ Ինչպես երևում է նկարից, նրա պրոյեկցիաները կոորդինատային առանցքների վրա հավասար են կետի դեկարտյան կոորդինատներին՝

$$r_x = x, \quad r_y = y, \quad r_z = z: \qquad (2.4)$$



Նկ. 15

$\vec{r}$ վեկտորի մոդուլի քառակուսին հավասար է նրա կոորդինատների քառակուսիների գումարին՝

$$r^2 = x^2 + y^2 + z^2: \qquad (2.5)$$

Վեկտորի բազմապատկումը սկալյարով։ A վեկտորի և a սկալյարի բազմապատկումից ստացվում է մի նոր $\vec{B}$ վեկտոր, որի մոդուլը a անգամ ավելի մեծ է $\vec{A}$ վեկտորի մոդուլից, իսկ ուղղությունը համընկնում է $\vec{A}$ վեկտորի ուղղության հետ, եթե a սկալյարը դրական է, և վեկտորին հակառակ է ուղղված, եթե a սկալյարը բացասական է։ Եթե $\vec{B} = a\vec{A}$, ապա $B = |a|A$։

Վեկտորի բաժանումը b սկալյարի վրա համազոր է վեկտորի բազմապատկմանը $a = 1/b$ սկալյարով։

Միավոր վեկտոր։ Յուրաքանչյուր $\vec{A}$ վեկտորին կարելի է համադրել $\vec{A}_{միավոր}$ միավոր վեկտոր, որը ունի նույն ուղղությունը, ինչ որ $\vec{A}$-ն, իսկ մոդուլը հավասար է մեկի։

Ակնհայտ են հետևյալ առնչությունները՝

$$\left.\begin{aligned} \vec{A} &= A \cdot \vec{A}_{միավոր} \\ \vec{A}_{միավոր} &= \frac{\vec{A}}{A}: \end{aligned}\right\} \qquad (2.6)$$

Միավոր վեկտորը կոչվում է նաև օրտ: Կոորդինատային առանցքների վրա վեկտորի բաղադրիչների $\vec{A}_x$, $\vec{A}_y$ *և* $\vec{A}_z$ *մոդուլները հավասար են այդ առանցքների վրա վեկտորի պրոյեկցիաների բացարձակ արժեքներին.*

$$|\vec{A}_x| = |A_x|,$$
$$|\vec{A}_y| = |A_y|,$$
$$|\vec{A}_z| = |A_z|:$$

Մտցնենք կոորդինատային առանցքների ուղղությունների հետ համընկնող միավոր վեկտորներ: Դրանք ընդունված է նշանակել հետևյալ կերպ. x *առանցքի ուղղությամբ ուղղված միավոր վեկտորը՝* $\vec{i}$ *պայմանանշանով,* y *առանցքի ուղղությամբ ուղղվածը՝* $\vec{j}$*-ով և* z *առանցքի ուղղությամբ ուղղվածը՝* $\vec{k}$ *պայմանանշանով*[1]*:* $\vec{i}$, $\vec{j}$ *և* $\vec{k}$ *վեկտորները համապատասխանաբար կոչվում են* x, y *և* z *առանցքների օրտեր:*

Այդ դեպքում, օրինակ, $\vec{A}_x$ *բաղադրիչը կարելի է ներկայացնել հետևյալ տեսքով (նկ. 11)՝*

$$\vec{A}_x = A_x\vec{i}: \qquad (2.7)$$

Իրոք, $A_x\vec{i}$ *վեկտորի մոդուլը հավասար է* $|A_x|$*-ի, այսինքն՝* $|\vec{A}_x|$*-ին: Այնուհետև, եթե* $\vec{A}_x$ *վեկտորը ուղղված է* x *առանցքի կողմը, այսինքն՝ ուղղությամբ համընկնում է* $\vec{i}$ *օրտի հետ, ապա, ինչպես հեշտ է նկատել նկ. 11-ից,* A_x*-ը դրական է. եթե* $\vec{A}_x$*-ը ուղղված է բացասական* x*-երի կողմը, այսինքն՝* $\vec{i}$ *վեկտորի հակառակ կողմը, պարզվում է, որ* A_x*-ը բացասական է, այնպես որ* $A_x\vec{i}$ *վեկտորն ունի* $\vec{i}$*-ին հակա-*

---

[1] *Կիրառվում են նաև* $\vec{e}_x$, $\vec{e}_y$, $\vec{e}_z$ *նշանակումները:*

ռակ ուղղություն և, հետևաբար՝ $\vec{A}_x$ վեկտորի ուղղության հետ համընկնող ուղղություն։

Մյուս երկու՝ $\vec{A}_y$ և $\vec{A}_z$, բաղադրիչների համար կարելի է գրել (2.7)-ին նման արտահայտություններ՝

$$\vec{A}_y = A_y\vec{j}, \quad \vec{A}_z = A_z\vec{k}.$$

Քանի որ $\vec{A}$ վեկտորը հավասար է իր բաղադրիչների գումարին, կարելի է գրել

$$\vec{A} = A_x\vec{i} + A_y\vec{j} + A_z\vec{k}. \tag{2.8}$$

Այսպիսով, ցանկացած վեկտորը կարելի է արտահայտել կոորդինատների առանցքների վրա նրա պրոյեկցիաների և այդ առանցքների միավոր վեկտորների (օրտերի) միջոցով։

Վեկտորի ածանցյալը: *Ենթադրենք (2.8) վեկտորը ժամանակի ընթացքում փոխվում է $\vec{A}(t)$ հայտնի օրենքով։ Այդ նշանակում է, որ վեկտորի պրոյեկցիաները կոորդինատային առանցքների վրա իրենցից ներկայացնում են ըստ* t *ժամանակի հայտնի ֆունկցիաներ.*

$$\vec{A}(t) = \vec{i}A_x(t) + \vec{j}A_y(t) + \vec{k}A_z(t)$$

(եթե կոորդինատային առանցքները չեն շրջվում տարածության մեջ, առանցքների օրտերը ժամանակի ընթացքում չեն փոփոխվում)։

Դիցուք Δt *ժամանակում վեկտորի պրոյեկցիաները ստանում են* ΔA_x, ΔA_y, ΔA_z *աճերը, որոնց հետևանքով վեկտորը ստանում է* $\Delta\vec{A} = \vec{i}\Delta A_x + \vec{j}\Delta A_y + \vec{k}\Delta A_z$ *աճը։* $\vec{A}$ *վեկտորի փոփոխման արագությունը ըստ* t *ժամանակի կարելի է բնութագրել հետևյալ հարաբերությամբ՝*

$$\frac{\Delta\vec{A}}{\Delta t} = \vec{i}\,\frac{\Delta A_x}{\Delta t} + \vec{j}\,\frac{\Delta A_y}{\Delta t} + \vec{k}\,\frac{\Delta A_z}{\Delta t}. \tag{2.9}$$

Մեր գրած արտահայտությունը տալիս է $\vec{A}$*-ի փոփոխման միջին արագությունը* Δt *ժամանակամիջոցում։ Դիցուք*