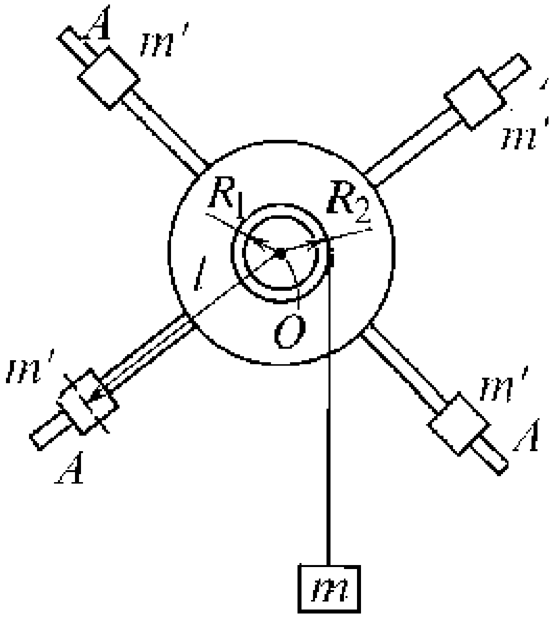
ӨЗБЕКСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ЖОҚАРЫ ҲӘМ
ОРТА АРНАЎЛЫ БИЛИМ ЎӘЗИРЛИГИ

БЕРДАҚ АТЫНДАҒЫ
ҚАРАҚАЛПАҚ МӘМЛЕКЕТЛИК УНИВЕРСИТЕТИ

Б.К.Даўлетмуратов, У.Қ.Ерназаров, М.Б.Тагаев

Физикалық практикумға кирисиў



Нөкис-2007

ӨЗБЕКСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ЖОҚАРЫ ҲӘМ
ОРТА АРНАЎЛЫ БИЛИМЛЕНДИРИЎ ЎӘЗИРЛИГИ

БЕРДАҚ АТЫНДАҒЫ
ҚАРАҚАЛПАҚ МӘМЛЕКЕТЛИК УНИВЕРСИТЕТИ

Б.К.Даўлетмуратов, У.Қ.Ерназаров, М.Б.Тагаев

Физикалық практикумға кирисиў

(Методикалық қолланба)

Нөкис -2007

Физикалық практикумға кирисиў
Нөкис-2007, 48-бет.

Бул оқыў қолланбада өлшеўлер нәтийжелерин статистикалық қайта ислеў методлары теориясы менен таныстырыўға бағдарланған мағлыўматлар, лабораториялық жумыслар нәтийжелерин кестелер, графиклер жәрдеминде көрсетиў методлары, физикалық лаборатория үскенелериниң дәллик шегаралары ҳәм оларда ислеў тәртиби ҳаққында мағлыўматлар келтирилген.

Оқыў қолланбасы физика бакалавры бағдары студентлери, магистрлары, аспирант ҳәм излениўшилер ушын арналған.

Бул китапша Бердақ атындағы Қарақалпақ мәмлекетлик университети илимий-методикалық кеңесиниң 2007-жыл 18-январь күнги болып өткен жыйналысының №3 баянламасы менен университет баспаханасында қолланба сыпатында басып шығарыўға усынылды.

Рецензентлер: ф. м. и. д., профессор Қ.Исмайлов
ф.м.и.к., доцент У.Насыров

КИРИСИЎ

Физика курсын үйрениўде физикалық практикум тийкарғы орынды ийелейди. Себеби, тек лабораториялық практикумды орынлаў барысында студент теория ҳәм эксперимент бирлигин, яғный тийкарғы түсиниклер, нызамлықлар ҳәм қатнаслардың реал жағдайлардағы орынланыўын тексере алады. Практикум даўамында студент эксперименталлық физикалық мәселениң қойылыў методлары, өлшениўи мүмкин болған физикалық шамалар қурамы, эксперименталлық үскенениң (стенд) тийкарғы бөлимлери дүзилиси ҳәм ислеў принципи, өлшеўлер жүргизиў методикасы, өлшеўлер нәтийжелерин қайта ислеў ҳәм қәтеликлерди анықлаў усыллары, эксперимент нәтийжесин анализлеў ҳәм жуўмақлар шығарыў ҳаққында түсиник ҳәм көнликпелерге ийе болады.

Физикалық практикум төмендеги тийкарғы үш ўазыйпаны атқарады:

Физикалық шамаларды өлшеў үскенелери ҳәм усыллары менен таныстырыў ҳәм көнликпелер пайда етиў;

Физикалық нызамлықлар ҳәм қубылысларды эксперименталлық үйрениў;

Өлшеўлер нәтийжелерин статистикалық қайта ислеў методлары менен таныстырыў.

Оқыў қолланбасында өлшеўлер нәтийжелерин статистикалық қайта ислеў методлары теориясы менен таныстырыўға бағдарланған мағлыўматлар, лабораториялық жумыслар нәтийжелерин кестелер, графиклер жәрдеминде көрсетиў методлары, физикалық лаборатория үскенелериниң дәллик шегаралары ҳәм оларда ислеў тәртиби ҳаққында мағлыўматлар келтирилген.

Оқыў қолланбасы физика бакалавры бағдары студентлери, магистрлары, аспирант ҳәм излениўшилер ушын арналған.

I Бап. Лабораториялық жумысты орынлаў тәртиби

§ 1.1. Лабораторияда жумыс ислеў тәртиби

Физикалық практикумда ҳәр бир лабораториялық жумыс бир сабаққа (2 жуплық) мөлшерленген. Семестр басында топарға жумысларды орынлаў кестеси дүзиледи. Студент сол күнги сабақта орынлайтуғын лабораториялық жумысы темасын алдын ала билиўи, оған жумысларға көрсетпе ҳәм онда көрсетилген басқада әдебиятлардан таярланып келиўи керек.

Ҳәр бир жумысты орынлардан алдын студент оқытыўшыдан жумысты орынлаўға рухсат алыў ушын қысқа гүрриңлесиўден (сораў – жуўап) өтиўи керек. Жумысты орынлаўға рухсат студент жумыс мақсетин, эксперимент өткериў методикасын жақсы өзлестирген ҳәм әспабларды қолланыў уқыплылығын көрсете алған жағдайда бериледи.

ОҚЫТЫЎШЫ РУХСАТЫСЫЗ ЛАБОРАТОРИЯЛЫҚ ЖУМЫСТЫ ОРЫНЛАЎҒА КИРИСИЎ ҚАТАҢ ҚАДАҒАН ЕТИЛЕДИ!

Сабақ ақырында студент өзиниң орынлаған жумысы нәтийжелерин оқытыўшыға тастыйықлатыўы шәрт. Усы жағдайда жумыс орынланған есапланады.

Жумыс нәтийжелери оқытыўшы тәрепинен тастыйықланғаннан кейин үскенелерди, жумыс орнын тәртипке келтириўи ҳәм келеси жумысты орынлаўға методикалық көрсетпелерди алыўшы керек.

§ 1.2. Лабораториялық өлшеў әспаблары дәллиги

Әспаб насазлығынан пайда болыўшы системалы қәтелик сапластырылған деп есаплай отырып (тәрези ийинлери жүксиз ҳалында теңсалмақлылыққа келтирилген, дерекке жалғанбаған ҳалда электр өлшеўши әспаблар шкаласы тили нольди көрсетеди, саатлар анық ўақыт сигналына сазланған ҳәм т.б.), барлық қәтеликти тосыннан пайда болған деп есаплаймыз. Бул типтеги қәтелик әспабларды соғыў ямаса градирлеў ўақтында пайда болады, оның муғдары әспабтың техникалық паспортында көрсетиледи.

Төмендеги кестеде айырым лабораториялық өлшеў әспаблары ушын жиберилетуғын қателик муғдарлары келтирилген.

	Өлшеў әспабы аты	Жиберилетуғын қәтелик
1	Нониуслы өлшеў әспаблары (штангенциркул, микрометр, мүйеш өлшеўши әспаблар ҳәм т.б.). Әдетте, бул әспабларда қәтелик шкала бөлими баҳасына тең болады.	

1а	0-125 мм аралықта өлшеўши нониус шкаласы баҳасы 0,1 мм болған штангенциркуллер	0,1 мм
1б	0-150 мм аралықта өлшеўши нониус шкаласы баҳасы 0,05 мм болған штангенциркуллер	0,05 мм
1в	0-250 мм аралықта өлшеўши нониус шкаласы баҳасы 0,05 мм болған штангенциркуллер	0,1 мм
2	Микрометрлер	0,004 мм
3	Баҳасы 0,01 мм шкалаға ийе саат типиндеги индикаторлар	
3а	0-2 мм аралықта өлшеўши индикаторлар	0,012 мм
3б	0-10 мм аралықта өлшеўши индикаторлар	0,022
4	100 мг ÷ 5 кг аралығындағы массаны өлшеўге арналған техникалық тәрезилер	0,1 г
5	Шкаласы 0,2 ҳәм 0,1 секундлық бөликлерге ийе механикалық секундомерлер	0,1 с
6	Сынаплы лабораториялық термометрлер	1^0 C

Тилли шкалаға ийе электр өлшеўши әспаблар жиберилетуғын қәтелиги бойынша дәллик классларына бөлинеди: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0 (цифрлар дөңгелек ямаса ромба ишине түсириледи). Дәллик классы арқалы жиберилетуғын қәтеликти шаманың сол әспабта өлшеў мүмкин болған максимал мәнисиниң проценти көрсетиледи. Мысалы, әспаб шкаласында максимал мәнис 300 В, ал дәллик классы 0,5 болса, жиберилетуғын қәтелик 300*0,5/100 В = 1,5 В.

Ҳәр қыйлы шамаларды өлшеўге (ток, кернеў, қарсылық ҳәм т.б.) арналған ҳәм ҳәр қыйлы өлшеў интервалларына ийе көп шкалалы әспабларда дәллик классы өлшеў шегарасына байланыслы емес. Бул типтеги әспабларда жиберилетуғын қәтелик ток түрине (турақлы ямаса өзгермели) байланыслы. Әспаб шкаласында бирнеше дәллик классы арнаўлы белгилер менен (- ямаса = - турақлы, ~ ямаса ≈ - өзгермели, Ω-қарсылық, μF ямаса C_x -сыйымлық.) келтириледи.

Цифралы электр ҳәм басқада шамаларды өлшеўши әспабларда жиберилетуғын қәтелик ақырғы разрядтың 1-2 бирлигине тең болады.

Егерде әспабтың жиберетуғын қәтелиги ҳаққында мағлыўмат жоқ болса, оны әспаб шкаласы ең киши бөлиминиң ярымына тең деп есаплаўға болады. Мысалы, узынлық шкаласы бөлими 1 мм болған сызғыш пенен өлшенгенде жиберилетуғын қәтеликти 0,5 мм деп қабылланады.

§ 1.3. Лабораториялық жумыслар журналы

Өлшеўлер ҳәм бақлаўлар нәтийжелери сол ўақыттың өзинде арнаўлы журналға протоколлар формасында жазылып барылыўы керек. Нәтийжелерди жеке бетлерге ўақтынша жазыў мақсетке муўапық емес.

Барлық лабораториялық жумыслар ушын бирдей формадағы протокол дүзиў мүмкин емес. Бирақ, лабораториялық жумыслар журналындағы жазыўлар төмендеги улыўмалық талапларға жуўап бериўи керек:

Жумыс аты, тийкарғы мақсети ҳәм тапсырмалар (шынығыўлар) дизими ҳәм олар орынланған ўақыт (күн, ай ҳәм саат) көрсетиледи;

Есаплаў формулалары ҳәм оған қатнасыўшы белгилердиң (символлардың) физикалық мазмуны келтириледи;

Өлшеў әспаб ҳәм үскенелери атлары, олардың өлшеў дәлликлери көрсетиледи;

Барлық өлшеўлер нәтийжелери алдын ала таярланған кестелерге түсириледи. Кестеде қайсы физикалық шамалар қайсы өлшем бирликлеринде өлшенгенлиги, неше мәрте өлшенгенлиги көринип турыўы керек;

Өлшеў орталығы көрсеткишлери (температура, басым, ҳаўа ығаллығы ҳәм т.б.) көрсетиледи (зәрүр болғанда).

Журналдағы жазыўлар таза, пухта ҳәм көрсетилген избе - изликте орынланыўы керек. Аралық есаплаўлар басқа қағазда орынланады. Қосымша жазыўлар, ескертиўлер ушын журнал жийегинен ени 3 см жолақша қалдырылыўы мақсетке муўапық.

§ 1.4. Лабораториялық жумыс протоколы үлгиси

Стерженниң ийилиўи арқалы Юнг модулин анықлаў

Жумыс мақсети – Гук нызамын тексериў, полат ҳәм мыс стерженлердиң Юнг модулин анықлаў.

Есаплаў формуласы: $E = \frac{PL^3}{4ab^3h}$,

бунда E – Юнг модули;

P – стержен ортасына түсирилген салмақ күши;

L – стерженниң деформацияланыўшы бөлеги узынлығы (тирек призмалар аралығы);

а – стержен ени;

в – стержен қалыңлығы;

h – ийилиў стреласы.

1-кесте. Стержен өлемлерин анықлаў

өлшеў №	L, мм	а, мм	в, мм
1.5			
Өлшеў үскенеси дәллиги	Штангенциркуль ± 0,1 мм	Микрометр ±0,005 мм	Микрометр ±0,005 мм

2-кесте. Салмақ күши түсирилген стерженниң ийилиў стреласын өлшеў

P,кГс	0	0,1	0,2	0,3	0,4	…
h, мм	2,05 2,07 2,03 2,08 2,05	2,55 2,48 2,51 2,49 2,52	…	…	…	…

Өлшеў әспабы – микрометр, дәллик ~ ± 0,005 мм.

Оқытыўшы имзасы

Орынланған сәне

II Бап. Өлшеўлер нәтийжелерин статистикалық қайта ислеў усыллары

§ 2.1. Өлшеў түрлери

Қандайда бир шаманы өлшеў дегенде сол шаманың эталон сыпатында қабылланған сәйкес шамадан (өлшеў бирлигинен) қаншаға үлкен (ямаса киши) екенлигин анықлаў ушын орынланған әмелди (операция) түсинемиз. Барлық өлшеўлер еки типке бөлинеди: туўрыдан туўры ҳәм туўрыдан туўры емес.

Туўрыдан туўры өлшеў – бизге керек болған физикалық шаманы (масса, узынлық, ўақыт интервалы, температура өзгериси ҳәм т.б.) тиккелей өлшеў, ал туўрыдан туўры емес өлшеў – бизге керек болған физикалық шаманы басқа тиккелей өлшеў арқалы анықланған шамалар мәнислеринен пайдаланып есаплаў арқалы анықлаў болып табылады. Мысалы, тең өлшеўли қозғалыс тезлиги өтилген жол ҳәм сол жолды өтиў ушын кеткен ўақыт мәнислери арқалы, дене тығызлығы болса оның массасы ҳәм көлеми арқалы анықланады.

Өлшеўлердиң барлық түрлерине тән болған қәсийет - өлшениўши шаманың ҳақыйқый мәнисин анықлаўдың мүмкин емеслиги. Нәтийже барлық ўақыт қандайда дәрежедеги қәтелик пенен анықланады. Қәтеликлерди сапластырыўдың мүмкин емеслиги өлшеў дәллигиниң шекленгенлиги ҳәм өлшениўши объектлер тәбияты өзгешеликлери менен байланыслы түсиндириледи. Сонлықтан, әдебиятларда алынған нәтийжениң ҳақыйқый мәниске қанша жақын екенлигин көрсетиў мақсетинде нәтийже менен бирге өлшеў қәтелигиде келтириледи.

Мысалы, линзаның фокус аралығы f = (256 ± 2) мм түринде келтирилген болсын. Бул фокус аралығы 254 - 258 мм аралығындағы мәнислердиң қәлегенине тең екенлигин аңлатады. Анығырақ айтатуғын болсақ, фокус аралығы мәнисиниң белгили бир дәрежедеги итималлық пенен көрсетилген интервалда жататуғынлығын тастыйықлаў мүмкин. Сонлықтанда, f тиң анықланған мәниси, қәтелик интервалына қосымша оның усы интервалда табылыў итималлығында анықлаў керек.

Эксперимент нәтийжелеринен жуўмақ шығарыў ушын өлшеўлер қәтелигин шәртли түрде баҳалаў керек. Көпшилик жағдайларда абсолют ҳәм салыстырмалы қәтеликлер есапланады. Өлшениўши шаманың ҳақыйқый мәниси μ ҳәм өлшеў нәтийжеси x айырмасы $\Delta x = \mu - x$ абсолют, ал өлшениўши шаманың абсолют қәтелигиниң сол шаманың ҳақыйқый мәнисине қатнасы $\varepsilon = (\mu - x)/\mu$ салыстырмалы қәтелик деп аталады. Абсолют қәтелик таңлап алынған өлшеў методының қәтелигин, ал салыстырмалы қәтелик өлшеў сапасын анықлайды. Салыстырмалы қәтеликке кери шаманы $(1/\varepsilon)$ өлшеў дәллиги деп атайды.

§ 2.2. Қәтеликлер классификациясы

Барлық өлшеў қәтеликлери үш классқа бөлинеди: жеке өлшеўдеги пайда болған үлкен қәтелик, системалы ҳәм тосыннан пайда болыўшы қәтеликлер.

Жеке өлшеўдеги пайда болған үлкен қәтелик өлшеў үскенесиниң тосыннан қозғалыўы, сыныўы ямаса эксперимент өткериўшиниң тәжирийбесизлиги нәтийжесинде бир өлшеў цикли даўамында 1-2 мәрте алыныўы мүмкин. Ол өлшениўши шаманың мәнисиниң басқа өлшеўлердегиден үлкен шамаға парықланыўы менен ажыралады. Өлшеўлер нәтийжеси арасында бул класстағы қәтеликтиң бар болыўы ақырғы нәтийжеге сезилерли тәсир көрсетеди. Сонлықтанда, өлшеўлер ўақтында бул қәтелик себебин анықлап, оны сапластырыў керек. Егерде, қәтелик өлшеўлер ўақтында сапластырылмаған болса, оны нәтийжелерди математикалық қайта ислеў барысында өлшениўши шаманың мүмкин болған мәнислерине шегаралық шәртлер қойыў арқалы сапластырыў керек.

Систамалы қәтелик турақлы шама болып, ол бир шаманы қайта өлшеўлерде нызамлы түрде өзгереди. Қәтеликтиң бул түри газ ҳәм суйықлықлардың көлемин өлшегенде жыллылық кеңейиўин есапқа алмай ҳәр қыйлы температураларда өлшеў жүргизгенде, дене массасын өлшегенде денеге ҳәм тәрези тасларына ҳаўаның көтериў күшиниң ҳәр қыйлы екенлигин есапқа алмағанда ҳәм тәрези ийинлери узынлықлары бирдей болмағанда, сызғыштың бөлимлериниң бирдей емеслигинен, термометр капиллярының барлық узынлықта бирдей диаметрге ийе емеслигинен, шынжырдан электр тоги өтип турмағанда амперметр шкаласының нолдиң тусында турмаўынан ҳәм басқада себеплерден пайда болыўы мүмкин.

Жоқарыда келтирилген мысаллардан системалы қәтеликти белгили бир себеплер пайда ететуғынлығы, оның шамасының турақлы қалатуғынлығы (өлшеў әспабы тилиниң нолде турмаўы, тәрези ийинлериниң узынлығының бирдей емеслиги) ямаса қурамалы нызамлық тийкарында өзгериўи (сызғыш бөлимлериниң өз ара тең емеслиги, термометр капилляры диаметриниң барлық узынлықта бирдей диаметрге ийе болмаўы ҳәм т.б.) көринип тур.

Системалы қәтеликти экспериментатор қәтелиги депте атайды. Бул қәтелик төмендеги жағдайларда жүзеге келеди:

өлшеў әспаблары дурыс емес;

реал қурылма идеал қурылмадан қандайда қәсийетлери менен парықланады;

қаралып атырған қубылыс теориясы дәл дурыс емес, яғный айырым эффектлер есапқа алынбаған.

Биринши жағдайда қәтелик өлшеў әспабын дүзетиў ямаса дәл әспабқа туўрылаў арқалы сапластырылады. Қалған еки жағдай ушын таяр рецепт жоқ. Эксперимент өткериўши физиканы қанша жақсы билген сайын, тәжирийбеси жоқарылаған сайын бундай эффектлердиң тәсирин байқаў ҳәм сапластырыў итималлығы жоқары болады.

Системалы қәтеликлерди ажыратыў ҳәм сапластырыў бойынша улыўма қағыйда, рецептлер жоқ, бирақта оларды классларға ажыратыўға болады:

1-класс. Пайда болыў тәбияты ҳәм муғдары белгили болған, яғный дүзетиў киритиў арқалы сапластырыў мүмкин болған системалы қәтеликлер. Мысал: Мейли тәрези ийинлери айырмасы 0.001 мм болсын. Ийин узынлығы 70 мм, ал өлшениўши дене массасы 200 г болғанда системалы қәтелик 2.86 мг болады. Бул өлшеўде системалы қәтеликти арнаўлы өлшеў усылларын (Гаусс, Менделеев методлары ҳәм т.б.) қолланыў арқалы сапластырыўға болады..

2-класс. Муғдары белгили бир шамадан артпайтуғынлығы белгили болған системалы қәтеликлер. Бул жағдайда өлшениўши шама мәниси менен бирликте системалы қәтелик максимал мәниси көрсетилиўи керек. Мысал:

Микрометр паспортында «есапқа алмаў мүмкин болған қәтелик ±0.004 мм; температура +20 ± 4° С» жазыўлары келтирилген. Бул көрсетилген микрометрде көрсетилген температураларда өлшенген дене узынлығын ± 0.004 миллиметрден артпайтуғын абсолют қәтелик пенен өлшеўимиз мүмкинлигин аңлатады. Көпшилик жағдайларда өлшеў әспабы пайда етиўши максимал абсолют қәтелиги әспабтың дәллик классы арқалы аңлатылады. Дәллик классы аңлатылған сан әспабтың максимал абсолют қәтелигиниң өлшеў әспабының өлшеўи мүмкин болған жоқарғы мәнисиниң қандай пайызын (процентин) қурайтуғынлығын көрсетеди. Мейли, өлшеўлерде қолланылған вольтметр шкаласы 0 ден 250 В аралығындағы бөликлерге ийе, ал дәллик классы 1 деп көрсетилген болсын. Демек, усы вольтметр жәрдеминде жүргизилген өлшеўлерде жиберилетуғын максимал абсолют қәтелик 1% тен артпайды екен, яғный $\delta = \pm 0.01 \cdot 250В = \pm 2.5В$.

Электр өлшеўши әспаблардың дәллик классы максимал қәтеликти көрсетип, әспаб шкаласының басынан ақырына шекем турақлы қалады. Салыстырмалы қәтелик болса шкала ақырына қарай кемейип барады. Сонлықтан, электр өлшеўши әспабларды таңлағанда өлшеў ўақтында әспаб тили шкала ортасынан өтетуғындай етип алыў керек.

Егерде әспабтың дәллик классы көрсетилмеген ҳәм паспорты жоқ болса, максимал қәтелик сыпатында әспаб шкаласының ең киши бөлегиниң ярымын алыў керек.

Металл сызғышларда миллиметрлик аралықлар ±0.05 мм, ал сантиметрлик аралықлар 0,1 мм ден үлкен болмаған қәтеликлер менен таярланады. Бул сызғышлар менен жүргизилген өлшеўлердиң қәтелиги көздиң ажыратыў дәллигине (≤0.5 мм) жақын болады. Ағаш ҳәм пластик сызғышларда жиберилетуғын қәтелик үлкен болады ҳәм оларды өлшеўлерде қолланбаған мақул.

Иске жарамлы микрометрдиң өлшеў дәллиги 0.01 мм, ал штангенциркулде өлшеўде жиберилетуғын қәтелик нониустың дәллигине (әдетте 0.1 мм ден 0.05 мм аралығында) байланыслы анықланады.

Өлшениўши объекттиң қәсийетлерине байланыслы пайда болыўшы системалы қәтеликлерди тосыннан жиберилген қәтеликлер сыпатында қараўға болады.

Мысал. Қандайда металлдың электр қарсылығы өлшениўи керек болсын. Өлшеў ушын алынған сым кесиндисинде нуқсан бар болсын. (Нуқсан – жарық, сым диаметриниң ямаса тығызлықтың биртекли емеслиги ҳәм т.б. көринислерде болыўы мүмкин.) Онда, анықланған электр өткизгишлик мәнисинде қәтелик орын алады. Өлшеўди тәкирарлаў алдыңғы нәтийжени береди. Бул, өлшеўлерде қандайда муғдардағы системалы қәтелик жиберилген дегенди аңлатады. Усындай узынлықтағы бирнеше сымның қарсылықларын өлшеймиз ҳәм сол материал ушын электр өткизгишликтиң орташа мәнисин табамыз. Бул мәнис дара өлшеўлерде анықланғаннан үлкен ямаса киши болыўы мүмкин. Демек, бул өлшеўлерде жиберилген қәтеликти тосыннан жиберилген қәтеликлер сыпатында қараўға болады.

Мәлим болмаған себеплерге байланыслы системалы қәteликти төмендеги мысалда қарайық.

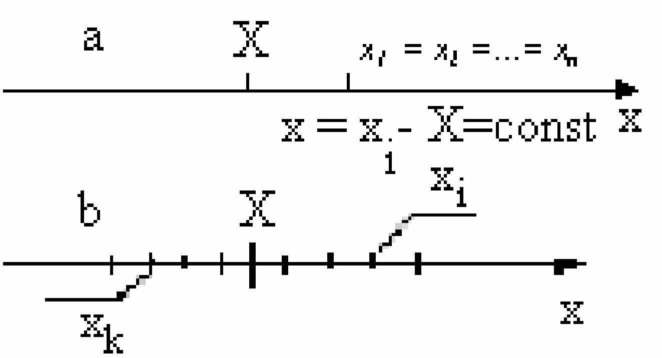
<u>Мысал.</u> Қандайда металлдың тығызлығын анықлайық. Үлгиниң көлемин ҳәм массасын анықлаймыз. Үлги ишинде сырттан көринбейтуғын бослық барлығы яки жоқлығы бизге мәлим емес. Демек, орынланған қәлеген сандағы өлшеўлер нәтийжеси қандайда қәтеликке ийе болады. Бул қәтеликти келтирип шығарыўшы дерек тәбияты ҳәм қәтелик муғдары пүткиллей басқа усыллар ҳәм басқа шәраятларда жүргизилген қосымша өлшеўлер ўақтында анықланады.

Бир шаманы қайта өлшеўлер ўақтында нәтийжениң тәртипсиз түрде өзгериўи тосыннан пайда болған қәтелик деп аталыўшы қәтелик түри менен аңлатылады.

Қанадайда турақлы шаманы бирдей шәраятларда бирдей пухталық пенен бир неше мәрте өлшегенимизде алынған нәтийжелердиң бир топары өз - ара сәйкес келсе, қалғанлары қандайда шамаға парықланатуғынлығын көрсемиз. Нәтийжелердеги бул сәйкес келмеўшилик өлшеўлерде тосыннан пайда болған қәтеликтиң барлығын көрсетеди.

Тосыннан пайда болған қәтелик ҳәр бири өлшениўши шамаға киши тәсир көрсетиўши бир неше себеплердиң нәтийжесинде жүзеге келеди. Бул қәтелик дереклериниң (себеплердиң) өлшениўши шамаға бирликтеги тәсири сезилерлик дәрежеде аўытқыўды пайда етиўи мүмкин.

Тосыннан пайда болған қәтелик ҳәр қыйлы абсолют мәнисти қабыллаўы, бирдей итималлық пенен оң ямаса терис мәнислерге ийе болыўы мүмкин. Қәтеликтиң бул дүзиўшиси (түри) қәлеген экспериментте ушырасады. Ол бир шаманы қайта өлшеўлерден системалық қәтеликлерди сапластырғаннан кейинги нәтийжелердиң ҳақыйқый мәнис этирапындағы аўытқыўлары түринде бақланады (1а-сүўрет). Егерде, өлшеўлер нәтийжелеринен системалы қәтеликлер сапластырылмаған болса, нәтийжелер 1b-сүўретте көрсетилгендей тарқалады.



1-сүўрет. Өлшеўлер нәтийжелерин системалы (а) ҳәм тосыннан пайда болыўшы (b) қәтеликлер бар болғанда схемалық көрсетиў.

Мейли, секундомер жәрдеминде математикалық маятник тербелиси дәўири бирнеше мәрте өлшенсин. Секундомерди қосыў ҳәм тоқтатыў ўақтындағы, маятник қозғалысындағы биртексизлик, секундомер шкаласы ҳәм тили арасындағы сәйкес емесликлер қайта өлшеўлер нәтийжелериниң аўытқыўын пайда етеди. Бул аўытқыў себебин тосыннан пайда болыўшы қәтелик деп қараўымызға болады. Егерде системалы қәтеликлер жоқ болса, нәтийжелердиң бир бөлеги ҳақыйқый шамадан үлкен, ал қалғанлары – киши мәнислерге ийе болады. Жоқарыда келтирилген себеплерге қосымша өлшеў жүргизилип атырған саат кейин қалатуғын болса – барлық нәтийжелер ҳақыйқый нәтийжеден төмен болады, яғный системалы қәтеликте қосылады.

Айырым факторлар бир ўақытта ҳәм системалы, ҳәм тосыннан пайда болыўшы қәтеликлерге себепши болады. Секундомерди қосыў, тоқтатыў моментлери ҳәм маятник тербелиси арасындағы сәйкесликтиң бузылыўы нәтийжесинде тосыннан пайда болыўшы қәтеликти пайда етсек, секундомерди қосыўдағы озыў ҳәм тоқтатыўдағы кешигиўлер системалық қәтеликти келтирип шығарады. Бул қәтелик муғдары эксперимент өткериўшиниң орынланыўшы әмеллерге (секундомерди қосыў ҳәм тоқтатыў) реакция тезлигине байланыслы өзгереди.

Жеке өлшеўлердеги тосыннан пайда болыўшы қәтеликлерди мүмкин болмасада, тосыннан жүзеге келиўши ўақыялар математикалық теориясы бул қәтеликлердиң ақырғы нәтийжеге тәсирин кемейтиў мүмкиншилигин береди. Бул теория қәтеликти минимумға жеткериў ушын өлшеўлер санын арттырыў кереклигин көрсетеди. Кейинги параграфларда бул мәселеге айырықша тоқтап өтемиз.

Соныда айтып өтиў керек, егерде тосыннан пайда болыўшы қәтелик муғдары өлшеў әспабы дәллигиниң шеклениўи салдарынан пайда болыўшы қәтеликтен сезилерли киши болса, тосыннан пайда болыўшы қәтеликти буннанда кемейтиў илажларын әмелге асырыўдың кереги жоқ: нәтийже буннан жақсы болмайды. Керисинше, егерде тосыннан пайда болыўшы қәтелик әспаб дәллигиниң шеклениўинен пайда болыўшы қәтеликтен (системалы қәтеликтен) жоқары болса, өлшеўлерди бул қәтелик әспаб дәллиги қәтелигинен киши ямаса бир тәртипте болғанға шекем даўам етиў керек.

§ 2.3. Туўрыдан туўры өлшеўлер нәтийжелерин қайта ислеў

Алдыңғы параграфта ақырғы нәтийжеге тосыннан пайда болыўшы қәтелик тәсирин кемейтиў ушын өлшеўлерди бирдей шәраятларда бирнеше мәрте тәкирарлаў кереклигин атап өткен едик. Айтайық, биз қандайда шама x ты өлшедик. Нәтийжеде, өлшениўши шама ушын төмендеги мәнислерди алдық:

$$x_1, x_2, x_3, \dots x_n. \qquad (2)$$

Шама x тың бул мәнислери көплиги – терме деп аталады. Усы терме арқалы өлшеў нәтийжесине баҳа бериўге болады. Өлшениўши шаманың жоқарыдағы терме жәрдеминде анықланыўшы муғдарын $\bar{x}$. Бул шама өлшениўши шаманың ҳақыйқый мәниси емес. Айтайық, бизге өлшеў қәтелиги Δх белгили болсын. Онда, өлшеўлер нәтийжесин төмендегише жазыўға болады:

$$\mu = \bar{x} \pm \Delta x \qquad (3)$$

Өлшеўлер нәтийжелери арқалы анықланыўшы $\bar{x}$ ҳәм қәтелик Δх шаманың ҳақыйқый мәнисин бермейтуғын болғанлықтан, (3) арқалы келтирилген шама муғдары Р исенимлилик дәрежеси менен ҳақыйқатлыққа жақын деп есапланады. Исенимлилик дәрежеси деп, өлшениўши шаманың ҳақыйқый мәнисиниң (3) анлатпасы анықлаўшы интервалға сәйкес келиўине айтамыз. Бул интервал исенимлилик интервалы деп аталады.

Мысал. Узынлықтың бирнеше мәрте өлшеў нәтийжесинде анықланған мәниси l = (8.34 ± 0.02) мм, (Р = 0.95) түринде келтирилген. Бул 100 өлшеўдиң 95 өлшеўинде алынған нәтийжелер 8.32 мм - 8.36 мм интервалында жайласатуғынлығын көрсетеди.

Солай етип, өлшеў нәтийжелерин математикалық қайта ислеў мәселеси (2) түриндеги термеден пайдаланып $\bar{x}$, Δх ҳәм Р шамаларын анықлаўға алып келеди екен. Бул мәселе итималлықлар теориясы ҳәм математикалық статистика жәрдеминде шешиледи.

Мейли, х1, х2…хn – жеке өлшеўлер нәтийжелери болсын. Өлшеўлер саны n жетерли дәрежеде үлкен, демек орташа мәнисти ҳәм қәтеликти төмендегише есаплаўға болады:

$$X = \bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i ,$$

$$\Delta x_i = x_i - \bar{x}$$

Δх қәтеликти киши Δε интервалларға бөлип, олардың ҳәр бирине сәйкес келиўши қәтеликлер саны анықланады. Егерде «k» интервалына сәйкес келиўши қәтеликлер саны nk арқалы қәтеликтиң усы интервалға сәйкес келиў итималлығы (Pk ≅ nk/n) анықланады. Анықланған итималлықларды ордината көшерине қойсақ, 2-сүўретте көрсетилген басқышлардан ибарат диаграмма алынады. Оны гистограмма деп атайды.

Көпшилик жағдайларда, тосыннан пайда болыўшы қәтеликлер муғдары Гаусс нормал бөлистирилиў нызамына бойсынады. Қәтеликлердиң нормал бөлистирилиў нызамы төмендеги формула арқалы аңлатылады:

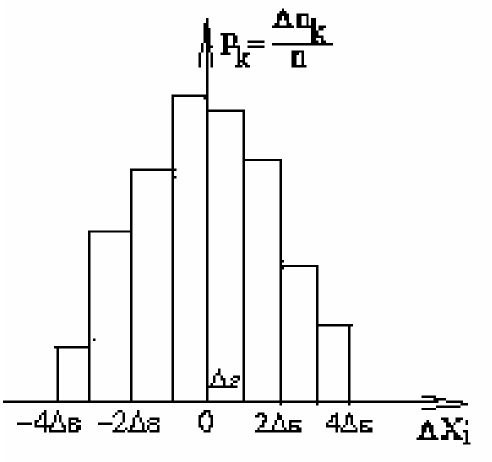
$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(\Delta x)^2}{2\sigma^2}} \qquad (4)$$

бунда: Δх – өлшеў нәтийжесиниң шаманың ҳақыйқый мәнисинен аўытқыўы;

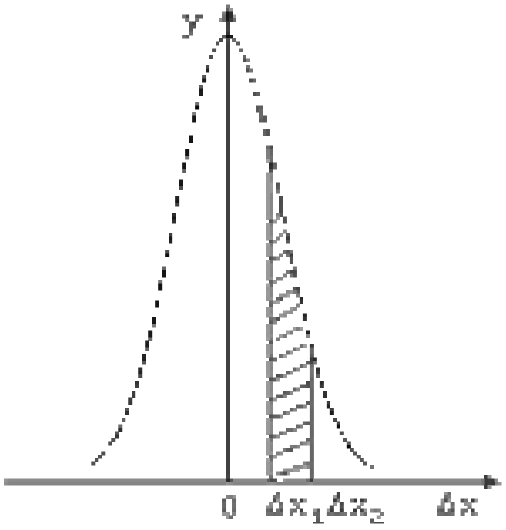
е − натурал логарифм тийкары;

σ – ҳақыйқый орташа квадратлық қәтелик;

σ^2 – бөлистирилиў дисперсиясы деп аталыўшы қандайда турақлы шама.



2-сүўрет. Тосыннан пайда болыўшы қәтеликтиң бөлистирилиўи гистограммасы



3-сүўрет. Гаусс нормал бөлистирилиў функциясы

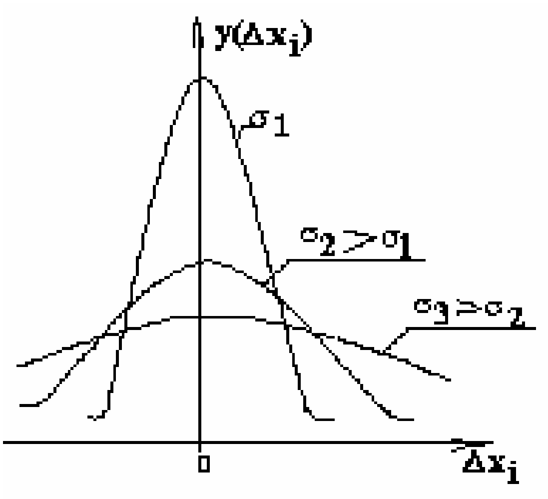
Гаусс нормал бөлистирилиў функциясы (4) максимал мәниске x=0 де ийе болады ҳәм жуп функция. Бул функция графиги 3-сүўретте келтирилген. Бул функцияның мәниси төмендегиден ибарат: функция иймеклиги, көшер Δx ҳәм ордината көшерине параллел түрде x көшериниң Δx_1,Δx_2 ноқатлары арқалы өтиўши туўры менен шегараланған фигура майданының сан мәниси есапланған қәлеген шаманың (Δx_1,Δx_2) интервалында жайласыў итималлығына тең.

4 - сүўретте ҳәр қыйлы σ ушын бөлистирилиў иймекликлери келтирилген. Сүўреттен, σ ның артыўы менен бөлистирилиў иймеклиги максимумы төменлейди, ал оның «қанатлары» болса - көтериледи. Бул σ артыўы менен киши қәтеликлер итималлығының төменлейтуғынлығы, ал үлкен қәтеликлердиң артатуғынлығын көрсетеди. Демек, бөлистирилиў дисперсиясы σ^2 қанша үлкен болса, өлшеў дәллиги сонша төменлейди екен.

Гаусс функциясы иймеклиги ордината көшерине симметриялы болғанлықтан, шамасы бойынша тең ҳәм қарама - қарсы белгилерге ийе қәтеликлер теңдей итималлыққа ийе болады. Бул, $\bar{x}$ ушын (2) термесиниң барлық элементлериниң орташа мәнисин алыўға болатуғынлығын көрсетеди, яғный

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}, \qquad (5)$$

бунда – n өлшеўлер саны.



4-сүўрет. Тосыннан пайда болыўшы қәтеликлердиң бөлистирилиў иймеклигине дисперсия тәсири.

Демек, бирдей шәраятларда n мәрте өлшенген шаманың ҳақыйқат мәнисине итималлығы ең жақын мәниси терме элементлериниң арифметикалық орташасына тең болады екен. Шаманың арифметикалық орташа мәниси $\bar{x}$ өлшеўлер саны $n \to \infty$ өлшениўши шаманың ҳақыйқый мәниси μ ге тең болады.

Жеке өлшеў нәтийжесиниң орташа квадратлық қәтелиги деп төмендеги аңлатпа арқалы анықланыўшы шаманы айтамыз:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}}. \qquad (6)$$

Бул аңлатпа жеке өлшеўлер қәтелигин сыпатлайды. Өлшеўлер саны $n \to \infty$ (6) аңлатпасы (яғный S) турақлы σ шамасына умтылады:

$$\sigma = \lim_{n \to \infty} S. \qquad (7)$$

σ ның артыуы менен есапланған мәнислер аўытқыўы артады, яғный өлшеў дәллиги төменлейди.

Өлшениўши шаманы ҳәр бири n өлшеўлерден ибарат m мәрте тәкирарласақ, бири екиншисинен ҳәм X мәнисинен бирқанша парықланыўшы m сандағы $\bar{x}$ мәнислерди аламыз. Дара өлшеўлердеги алынған қәтеликлер ($\Delta x_i = x_i - X$) сыяқлы, бул жағдайда алынған қәтеликлерде ($\Delta x_k = \bar{x}_k - X$) тосыннан пайда болыўшы, яғный Гаусс бөлистирилиўине бойсынады. Бул жағдайдағы дисперсия мәниси дара өлшеўлердегиден парықланады: $\sigma_{\bar{x}}^2 < \sigma^2$. Бундағы $\sigma_{\bar{x}}^2$ орташаның дисперсиясы деп аталады ҳәм ҳәр бири n өлшеўлерден ибарат m серия ушын анықланған $\bar{x}$ орташаның қәтелиги өлшемин анықлайды. Қәтеликлер теориясы бойынша $\sigma_{\bar{x}}^2 = \sigma^2/n$, демек $\sigma_{\bar{x}}$ өлшеўлер санына ғәрезли: $\sigma_{\bar{x}} = \sigma/\sqrt{n}$.

Шаманың орташа арифметикалық мәнисиниң орташа квадратлық қәтелиги деп төмендеги аңлатпа арқалы анықланыўшы шаманы айтамыз:

$$S_{\text{а.о.к}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x - x_i)^2}{n(n-1)}} = \frac{S}{\sqrt{n}}. \qquad (8)$$

Бул өлшеўлер саны артыўы менен дәлликтиң жоқарылайтуғынлығын көрсетиўши фундаменталлық нызамлылық аңлатпасы болып есапланады. $S_{\text{а.о.к}}$ өлшенген шаманың орташа арифметикалық мәниси $\bar{x}$ тың қандай дәллик пенен алынғанлығын көрсетеди. n өлшеўлер орташасының орташа квадратлық қәтелиги жеке өлшеўлердиң орташа квадратлық қәтелигинен $n^{1/2}$ есе киши болады екен.

Енди нәтийже төмендегише жазылады:

$$x = \bar{x} \pm \Delta x, \qquad (9)$$

Өлшеў қәтелигин есаплаўдың жоқарыда келтирилген методикасы жәрдеминде P≈0,68 итималлық пенен исенимли нәтийже алыў ушын бир шаманы бирдей шәраятларда 30 – 50 мәрте өлшеў керек болады.

Өлшеўлер саны аз болғанда нәтийжени қайта ислеўдиң статистикалық усылы Стьюдент бөлистирилиўи жәрдеминде әмелге асырылады. Аз сандағы өлшеўлер нәтийжелеринен абсолют қәтеликти есаплаў ушын P ҳәм n ге байланыслы болған арнаўлы коэффициент t киритиледи. Бул коэффициентти киритиўдиң теориялық тийкарлаўын өткерип жиберип төмендегини тастыйықлаймыз:

$$\Delta x = S_{\text{а.о.к}} \cdot t. \qquad (10)$$

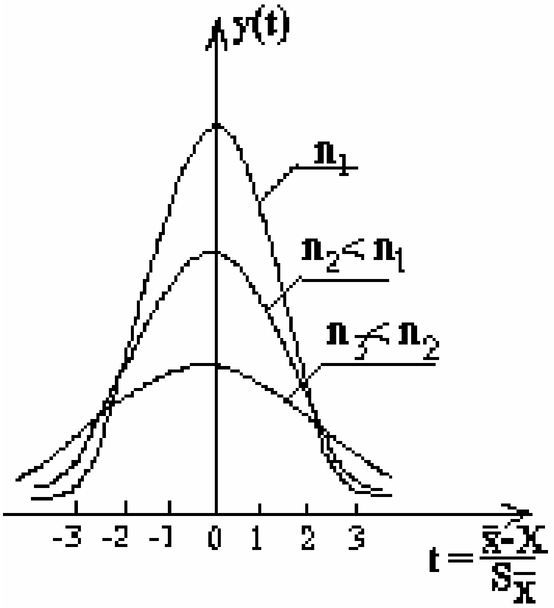
Бунда Δх – берилген итималлықтағы абсолют қәтелик.

Стьюдент бөлистирилиўи өлшеўлер саны n ге байланыслы ҳәм n→∞ болғанда Гаусс бөлистирилиўине өтеди.

Берилген Р ҳәм n мәнислери ушын Стьюдент коэффициенти мәнислери 1-қосымшада келтирилген.

Жоқарыда айтылғанлардан:

Орташа квадратлық қәтелик қаралып атырған шаманың ҳақыйқый мәниси өлшеўлер нәтийжесинде анықланған орташа арифметикалық мәнисиниң қәлеген интервалында қандайда итималлық пенен болыўын анықлаў мүмкиншилигин беретуғынлығы;



5-сүўрет. Ҳәр қыйлы сандағы элементлерге ийе термелер ушын Стьюдент бөлистирилиўи иймекликлери.

Өлшеўлер саны шексизликке умтылғанда (n → ∞) шаманың орташа арифметикалық мәнисиниң орташа квадратлық қәтелиги нолге умтылатуғынлығы ($S_{а.о.к} \to 0$), яғный, шаманың ҳақыйқый мәниси (μ) берилген итималлық пенен табылыў интервалы өлшеўлер санының артыўы менен нолге умтылады.

Келтирилген жуўмақлардан өлшеўлер саны n ди арттыра отырып қәлеген дәрежедеги дәлликтеги нәтийже алыў мүмкин деген жуўмақ келип шықпайды. Өлшеўлер санының артыўы менен дәллик тек тосыннан пайда болыўшы қәтелик системалық қәтеликке жақынлағанға шекем сезилерли артады. Сонлықтанда, белгили муғдардағы системалық қәтелик ушын тосыннан пайда болыўшы қәтеликти системалы қәтеликтиң 10% муғдарында деп есаплай отырып, Р=0,95 исенимлилик интервалы ушын (тосыннан пайда болыўшы қәтеликтиң тәсири сезилерли болмайтуғын) зәрүр болған өлшеўлер санын анықлаўға болады. Өлшеўлер санын буннан былайда арттырыў нәтийже дәллигин жақсыламайды. Нәтийжениң берилген исенимлилик интервалы P ушын $\Delta = \frac{\Delta x}{\sigma}$ қәтелик интервалындағы нәтийже алыў ушын керек болған өлшеўлер саны 2-қосымшада келтирилген.

§2.4. Туўрыдан туўры өлшеўлер нәтийжелерин қайта ислеў избе - излиги

1) Ҳәр бир өлшеў нәтийжесин кестеге жазың;

2) Жүргизилген n өлшеўдиң орташасын табың:

$$\bar{x} = \Sigma x_i / n.$$

3) Жеке өлшеўлердиң қәтелигин анықлаң:

$$\Delta x_i = \bar{x} - x_i.$$

4) Жеке өлшеўлер қәтеликлериниң квадратын есаплаң:

$$(\Delta x_1)^2, (\Delta x_2)^2, \ldots, (\Delta x_n)^2.$$

5) Орташа арифметикалық мәнисиниң орташа квадратлық қәтелигин анықлаң:

$$\bar{x} = \sqrt{\frac{\sum(\Delta x)^2}{n(n-1)}}$$

6) Исенимлилик итималлығын (әдетте P = 0.95) таңлаң;

7) Таңланған P ҳәм өткерилген өлшеўлер саны n ушын Стьюдент коэффициентин анықлаң;

8) Өлшеў қәтелигин анықлаң:

$$\Delta x = S_{\bar{x}} \cdot t.$$

Егерде өлшеўлер нәтийжеси қәтелиги Δx әспаб қәтелиги δ ға жақын мәниске ийе болса шегарасын $\Delta x = \sqrt{(S_{\bar{x}} \cdot t)^2 + \delta^2}$ түринде таңлап алың.

Егерде қәтеликлердиң бири екиншисинен үш ҳәм оннан көп есе парықланса, кишисин таслап кетиң.

9) Ақырғы нәтийжени $x = \bar{x} \pm \Delta x$ түринде жазың.

10) Өлшеўлер нәтийжесиниң салыстырмалы қәтелигин анықлаң:

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x} \cdot 100\% \quad .$$

§2.5. Туўрыдан туўры өлшеўлер қәтеликлерин есаплаўға мысал

Мысал. Системалық қәтелиги 0,005 мм болған микрометр жәрдеминде стержень диаметри d өлшенди (3-кесте). Кестеде 2-бағанада өлшеўлер нәтийжелери, 3-бағанада $(d - \bar{x})$ айырмасы, ал 4-бағанада олардың квадраты келтирилген.

3-кесте.

N	d, *мм*	$(d-\overline{x})$	$(d-\overline{x})^2$
1	4.02	+ 0.01	0.0001
2	3.98	- 0.03	0.0009
3	3.97	- 0.04	0.0016
4	4.01	+ 0 .00	0.0000
5	4.05	+ 0.04	0.0016
6	4.03	+ 0.02	0.0004
Σ	24.06	–	0.0046

$$\overline{x} = \frac{\sum d_i}{n} = \frac{24.06}{6} = 4.01мм$$

$$S_{\overline{x}} = \sqrt{\frac{\sum (d-\overline{x})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{0.0046}{5\cdot 6}} = 0.01238мм$$

P = 0.95 исенимлилик итималлығы ушын 1-кестеден Стьюдент коэффициентин табамыз: t = 2.57. (10) формула жәрдеминде абсолют қәтеликти анықлаймыз:

Δd = 0.01238 · 2.57 = 0.04 мм.

Тосыннан пайда болыўшы ҳәм системалы қәтеликлерди салыстырамыз:

$$\frac{\Delta}{\delta} = \frac{0.04}{0.005} = 8,$$

демек, δ = 0.005 мм системалы қәтеликти есапқа алмасақта болады.

Ақырғы нәтийжени төмендегише жазамыз:

d = (4.01 ± 0.04) *мм егер* P = 0.95.

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{\overline{x}} \cdot 100\% = \frac{0.04}{4.01} \cdot 100\% \approx 1\%$$

§ 2.6. Нәтийжелерди дөңгелеклеў

Өлшеўлер нәтийжелерин қайта ислеў калькурятор ҳәм персонал компьютерлерде әмелге асырылады. Нәтийжелер үтирден кейинги бирнеше санларға шекем есапланады. Мейли, нәтийже a=2,8674523, ал қәтелик 0,076 түринде алынсын. Онда нәтийжени a = 2.8674523 ± 0.076 түринде жазып мақсетке муўапық емес. Нәтийжедеги кейинги 5 цифрды есапқа алмасақта болады. Нәтийжени a=2.87 ± 0.08 түринде жазған мақул. Демек, нәтийжени дөңгелеклеўде өлшеў дәллиги әҳмийетли екен.

Нәтийжени дөңгелеклеў төмендеги қағыйдалар тийкарында әмелге асырылады:

1) Өлшеўлер қәтелигин биринши анықлаўшы цифрды бирге арттырыў арқалы дөңгелекленеди.

Мысаллар:

8.27 ≈ 9　　0.237 ≈ 0.3

0.0862 ≈ 0.09　　0.00035 ≈ 0.0004

$857.3 \approx 900$ $43.5 \approx 50$

2) Өлшеўлер нәтийжеси қәтелик дәллигинде дөңгелекленеди, яғный нәтийжедеги үтирден кейинги анықлаўшы цифр қәтеликтеги анықлаўшы цифр менен бир разрядта жайласыўы керек.

Мысаллар:

$243.871 \pm 0.026 \approx 243.87 \pm 0.03$;

$243.871 \pm 2.6 \approx 244 \pm 3$;

$1053 \pm 47 \approx 1050 \pm 50$.

Өлшеўлер нәтийжелерин дөңгелеклеў санларды таслап кетиў арқалы орынланады.

А) Егерде тастап кетилетуғын санлардың биринщиси 5 тен киши болса алдыңғы сан өзгермейди.

Мысаллар:

8.337 (онлық үлесине шекем дөңгелеклеў) ≈ 8.3;

833.438 (пүтин санға шекем дөңгелеклеў) ≈ 833;

0.27375 (жүзлик үлесине шекем дөңгелеклеў) ≈ 0.27.

Егерде, таслап кетилетуғын санлардың биринщиси бестен үлкен ямаса тең болса, (ал оннан кейинги 1-2 сан нолден өлзгеше болса), таслап кетилетуғын саннан алдыңғы сан бирге арттырып жазылады.

Мысаллар:

8.3351 (жүзлик үлесине шекем дөңгелеклеў) ≈ 8.34;

0.2510 (онлық үлесине шекем дөңгелеклеў) ≈ 0.3;

271.515 (пүтин санға шекем дөңгелеклеў) ≈ 272.

Егерде таслап кетилетуғын сан 5 ҳәм оның изинде тек ноллер болса, онда таслап кетилетуғын санның алдыңғысы жуп болса өзгермейди, ал тақ сан болса бирге арттырылып жазылады.

Мысаллар:

0.875 (жүзлик үлесине шекем дөңгелеклеў) ≈ 0.88;

0.5450 (жүзлик үлесине шекем дөңгелеклеў) ≈ 0.54;

275.500 (пүтин санға шекем дөңгелеклеў) ≈ 276;

276.500 (пүтин санға шекем дөңгелеклеў) ≈ 276.

Ескертиў.

Мәниске ийе санлар деп санның анық цифрлары айтылады. Мысалы, 0,00807 – бул санда үш мәниске ийе санлар бар: 8, 8 ҳәм 7 арасындағы нол ҳәм 7; алдыңғы үш нол мәниске ийе емес санлар.

$8.12 \cdot 10^3$ – бул санда 3 мәниске ийе сан бар.

Санды 15,2 ҳәм 15,200 түрлеринде жазыў ҳәр қыйлы мәни береди: 15,200 жазыўы санның жүзлик ҳәм мыңлық үлесиниң анық екенлигин көрсетеди.

Физикалық эксперимент нәтийжелери тек мәниске ийе санлар менен жазылады. Үтир нолден өзгеше сан изине қойылады ҳәм оның сәйкес дәрежесине көбейтиледи. Санның алдында ҳәм кейнинде турған ноллер жазылмайды. Мысалы, 0,00435 ҳәм 234000 санлары төмендегише жазылады:

$4{,}35\cdot10^{-3}$ ҳәм $2{,}34\cdot10^{5}$. Кейинги көринистеги жазыў есаплаўларды (әсиресе, логарифмлеўди талап ететуғын формулалар жәрдеминде) әпиўайыластырады.

§ 2.7. Есаплаўлар ҳәм оның дәллиги

Эксперимент шаманың дәллик дәрежеси жоқары болған санлық өлшемин анықлаў ушын өткерилетуғын болғанлықтан, оны есаплаў дәллигинеде итибар бериў керек.

Есаплаўлар ўақтында төмендегилерге итибар бериў мақсетке муўапық.

Формулада қатнасыўшы турақлыларды бир мәрте есаплаў керек. Айтайық, молекулалардың орташа арифметикалық тезлигиниң температураға байланыслылығын ($\bar{v}=\sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$) изертлеў керек болсын. $k=\frac{8R}{\pi\mu}$ белгилеўин қолланып есаплаў формуласын $\bar{v}=\sqrt{k}\cdot T_i$ түринде жазамыз. Нәтийжеде, температураның T_1, T_2, ..., T_6. мәнислериндеги тезликлер муғдарына есаплаў қәтелиги тәсири бирдей болады.

Есаплаў формуласы үстинде орынланған түрлендириўлерди пухта орынлаў ҳәм лаборатория жумысы есабына анық етип жазыў керек.

Есаплаўлар дәллиги өлшеў қәтелигине қарай анықланады. Егерде өлшеўлер қәтелиги шама муғдарының үтирден кейинги үшинши белгисине тәсир көрсететуғын болса, есаплаўларды үтирден кейинги бесинши белгиге шекем орынлаў мақсетке муўапық емес. Есаплаўлар қәтелигин есапқа алмаў ушын өлшениўши шамалардың ең киши қәтелигинен 10 есе киши болыўы керек.

Мысал. Металл стерженниң ийилиўи бойынша Юнг модулин анықлаўда төмендеги есаплаў формуласы қолланылады: $E = PL^3 / 4ab^3\cdot h$. Нәтийжелер анализи ең үлкен салыстырмалы қәтелик ийилиў стреласын (h) өлшеўде жиберилетуғынлығын көрсетеди. $\Delta E/E > \Delta h/ h$ болғанлықтан, итибарға алмаўға болатуғын есаплаў қәтелиги $\Delta E_{\text{есап}} /E \cong 0{,}1\ \Delta h/h$. Полат ушын $E\cong2\cdot10^4$ кГс/мм^2, сонлықтан $\Delta h/h =\cdot10^{-2}$ болғанда $\Delta E_{\text{есап.}}\cong 10$ кГс/мм^2. Бул E шамасын есаплаў төртинши мәни бериўши цифрға шекем орынлаған орынлы дегенди аңлатады.

Әдетте бизди қәтелик муғдарының тәртиби қызықтырады, сонлықтан оны алдын екинши мәни бериўши цифрға шекем есаплап, кейин нәтийжени биринши мәни бериўши цифрға шекем дөңгелеклеў керек.

Өлшеўлер нәтийжесин жаза отырып, ҳәмме ўақыт моментиндегини есте тутыў керек: өлшенген шаманың ақырғы мәниске ийе цифры ҳәм қәтелик тәртиби бирдей болыўы керек! Нәтийжени $E = (18451{,}27 \pm 20)\ 10^7$ Па түринде жазыў саўатсызлықты көрсетеди, оны $E = (18450 \pm 20)\ 10^7$ Па түринде жазыў керек.

§ 2.8. Туўрыдан туўры болмаған өлшеўлер арқалы анықланыўшы шамалар қәтеликлери

Лабораториялық практикум жумысларында бизди қызықтырыўшы физикалық шама бир ямаса бирнеше шамаларды өлшеў арқалы туўрыдан туўры болмаған өлшеўлер нәтийжесинде анықланады:

$$N = f\ (\mathrm{x},\ \mathrm{y},\ \mathrm{z},\ ...). \qquad (11)$$

I усыл. Егерде шаманы туўрыдан туўры болмаған өлшеўлер арқалы анықлаўда өлшениўши шамалар қайтымсыз шәраятларда өткерилетуғын болса, дара өлшеўлер ушын $\mathrm{N_i}$ есапланады, ал кейин туўрыдан туўры өлшеўлер нәтийжеси сыяқла қайта исленеди.

II усыл. Туўрыдан туўры болмаған өлшеўлер қәтелиги туўрыдан туўры өлшеўлер қәтеликлери функциясы түринде анықланады. Биз төменде кейинги усылға кеңирек тоқтап өтемиз.

Итималлықлар теориясынан шаманың орташа мәниси туўрыдан туўры өлшеў арқалы анықланған шамалардың орташа мәнислерин (11) аңлатпасына қойыў арқалы есапланады, яғный

$$\overline{N} = f\ (\overline{\mathrm{x}},\ \overline{\mathrm{y}},\ \overline{\mathrm{z}},\ ...). \qquad (12)$$

Жоқарыдағы функцияның ғәрезсиз өзгериўшилериниң қәтеликлери белгили болғанда абсолют ҳәм салыстырмалы қәтеликлерди табыў мәселесин қарайық.

Қәтелик тек системалы, ямаса, тек тосыннан пайда болыўшы шеклик жағдайларын қарайық. Системалық қәтеликти мүмкин болған ең жоқары қәтелик деп қабыллай отырып, оны төмендегише анықлаймыз:

$$\delta N = \pm\left[\left|\frac{\partial f}{\partial x}\delta x\right| + \left|\frac{\partial f}{\partial y}\delta y\right| + \left|\frac{\partial f}{\partial z}\delta z\right| + \ .\right] \qquad (13)\ \text{ямаса}$$

$$\delta N = \pm\overline{N}\cdot\left[\left|\frac{\partial \ln f}{\partial x}\delta x\right| + \left|\frac{\partial \ln f}{\partial y}\delta y\right| + \left|\frac{\partial \ln f}{\partial z}\delta z\right| + \ ..\right], \qquad (14)$$

бунда $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}, ..$ x, y, z... аргументлери бойынша ҳәр сапары тек бир аргумент өзгериўши, ал қалғанлары турақлы деп есаплай отырып анықланған $N = f(\mathrm{x},\ \mathrm{y},\ \mathrm{z},\ ...)$ функциясының дара туўындылары;

δx, δy, δz – аргументлердиң системалы қәтеликлери.

(13) формуласы функция аргументлердиң қосындысы ямаса айырмасы түрине ийе болғанда, ал (14) формуласы функция аргументлер көбеймеси ямаса қатнасы көринисине ийе болғанда қолланылады.

Туўрыдан туўры болмаған өлшеўлердеги тосыннан пайда болыўшы қәтеликлерди төмендеги формулалар жәрдеминде есаплаған қолайлы:

$$\Delta N = \pm\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\Delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\Delta y\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\Delta z\right)^2 + .} \qquad (15)\ \text{ямаса}$$

$$\Delta N = \pm\overline{N}\cdot\sqrt{\left(\frac{\partial \ln f}{\partial x}\Delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial \ln f}{\partial y}\Delta y\right)^2 + \left(\frac{\partial \ln f}{\partial z}\Delta z\right)^2 + ..}, \qquad (16)$$

бунда Δx, Δy, Δz, ... – x, y, z, ... аргументлери ушын исенимлилик итималлықлары (интерваллары) ушын исенимлилик интерваллары. Айтып өтиў керек, исенимлилик интерваллары Δx, Δy, Δz, ... $P_1 = P_2 = ... = P_n = P$ исенимлилик интервалларында алыныўы керек. Усы жағдайда, исенимлилик интервалы ΔN ушында P болады.

(15) формуласы $N = f(x, y, z, ...)$ функциясы аргументлер қосындысы ямаса айырмасы, (16) формуласы $N = f(x, y, z, ...)$ аргументлер көбеймеси ямаса қатнасы түрине ийе болғанда қолланылады.

Көпшилик жағдайларда системалы ҳәм тосыннан пайда болыўшы қәтеликлер өз - ара жақын мәнислерге ийе болады ҳәм олар нәтийже дәллигин анықлаўға бирдей дәрежеде қатнасады. Усы жағдайларда улыўма қәтелик ∑ тосыннан Δ ҳәм системалы (тосыннан пайда болыўшы қәтеликтиң исенимлилик итималлығы P дан киши болмаған) δ пайда болыўшы қәтеликлер квадратлары суммасы түринде анықланады:

$$\Sigma = \sqrt{\Delta^2 + \delta^2}.$$

Қайтымсыз шәраятларда өткерилген туўрыдан туўры емес өлшеўлерде функция ҳәр бир өлшеў ушын анықланады, ал анықланыўы керек болған шама ушын исенимлилик интервалы болса туўрыдан туўры өлшеўлердеги усылда анықланады. Айтып өтиў керек, өлшениўши ҳәм анықланыўы керек болған шамалар логарифмлеўге қолайлы функция көринисине ийе болса, алдын салыстырмалы қәтеликти анықлап, кейин $\Delta N = \varepsilon\,\overline{N}$ аңлатпасы жәрдеминде абсолют қәтеликти анықлаған қолайлы.

Соныда айтып өтиў керек, өлшеўлерге кириспестен алдын кейинги қәтеликти есаплаў формулаларын жазып алған мақул болады. Усы формулаларға қарай отырып, қайсы шамаларды өлшеўге айырықша итибар бериў, ал қайсыларын өлшеўде буның әҳмийети жоқлығын алдын ала анықлаў мүмкин.

§ 2.9. Туўрыдан туўры болмаған өлшеўлер нәтийжелерин қайта ислеў избе - излиги

1) Туўрыдан туўры өлшеўлер арқалы анықланыўшы шамаларды өлшеўлер нәтийжелерин туўрыдан туўры өлшеўлер нәтийжелерин қайта ислеў қағыйдалары тийкарында (§ 2.5) ҳәммеси ушын бирдей исенимлилик итималлығын (Р) қоллана отырып анықлаң.

2) (13) – (14) формулалары жәрдеминде туўрыдан туўры болмаған өлшеўлер нәтийжеси дәллигин есаплаң. Дара туўындыларды шамалардың орташа мәнисинен есаплаң.

Ескертиў:

А) Егерде дара өлшеўлер қәтелиги дифференциаллаў формуласына бирнеше мәрте қатнасатуғын болса, алдын ала бирдей дифференциаллар қатнасыўшы ағзаларды топарларға бөлиў, дифференциал алдында қаўыс ишиндеги аңлатпаларды модули бойынша алыў, d белгисин Δ (ямаса δ) менен алмастырыў керек.

Б) Егерде тосыннан ҳәм системалы пайда болыўшы қәтеликлер муғдарлары бир - бирине жақын болса, оларды қәтеликлерди қосыў қәдеси бойынша қосың.

В) Егерде бир қәтелик екиншисинен 3 ҳәм оннан үлкен есе киши болса, киши қәтеликти есапқа алмаң.

3) Өлшеўлер нәтийжесин төмендеги көринисте жазың:

$$N = f\,(\overline{x}, \overline{y}, \overline{z}, ...) \pm \Delta f.$$

4) Туўрыдан туўры болмаған өлшеўлер сериялары ушын салыстырмалы қәтеликти есаплаң:

$$\varepsilon = \frac{\Delta f}{f} \cdot 100\%$$

§ 2.10. Туўрыдан туўры болмаған өлшеўлер қәтелигин есаплаўға мысаллар

1-мысал. Цилиндр көлеми $V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4}$ формуласы арқалы есапланады.

Бунда d – цилиндр диаметри, ал h – цилиндр бийиклиги.

Бул шамалар туўрыдан туўры өлшеўлер нәтийжеси арқалы анықланады. Мейли, өлшеўлер нәтийжелери бул шамалар ушын төмендегилерди берди дейик:

$d = (4.01 \pm 0.03)$ мм ,

h = (8.65 ± 0.02) мм, (исенимлилик итималлығы бирдей ҳәм Р = 0.95).

(13) формуласы бойынша көлемниң орташа мәниси төмендегиге тең:

$$V = \frac{3{,}14\cdot(4{,}01)^2\cdot 8{,}65}{4} = 109{,}19\text{мм}^3$$

(16) аңлатпасынан пайдаланып төмендегини аламыз:

$$\ln V = \ln\pi + 2\cdot\ln d + \ln h - \ln 4\,;$$

$$\frac{\partial\ln V}{\partial d} = \frac{2}{d}; \qquad \frac{\partial\ln V}{\partial h} = \frac{1}{h}; \qquad \Delta V = \pm\overline{V}\cdot\sqrt{\left(\frac{2\cdot\Delta d}{d}\right)^2 + \left(\frac{\Delta h}{h}\right)^2}\,;$$

$$\Delta V = \pm 109{,}19\cdot\sqrt{\left(\frac{2\cdot 0{,}03}{4{,}01}\right)^2 + \left(\frac{0{,}02}{8{,}65}\right)^2} \approx 1{,}65\,\text{мм}^3.$$

Өлшеўлер сызықлары аралығы 0,01 мм болған микрометрде орынланғанлықтан системалы қәтелик δh = 0.01 мм. (14) тийкарында көлемди анықлаўдағы системалы қәтелик δV

$$\delta V = \pm\overline{V}\cdot\left(2\cdot\frac{\delta d}{d} + \frac{\delta h}{h}\right) = 109{,}19\cdot\left(\frac{2\cdot 0{,}01}{4{,}01} + \frac{0{,}01}{8{,}65}\right) \approx 0{,}67\,\text{мм}^3.$$

Системалы ҳәм тосыннан пайда болыўшы қәтеликлер өз - ара салыстырарлық дәрежеде болғанлықтан $\Delta V = \sqrt{(1{,}65)^2 + (0{,}67)^2} = 1{,}78 \approx 2\,\text{мм}^3$.

Солай етип, өлшеўлер нәтийжеси төмендегиге тең болады екен:

V = (109 ± 2) мм^3 (итималлық Р = 0.95 болғанда).

$$\varepsilon = \frac{2}{109}\cdot 100\% \approx 2\%$$

.

2-мысал. Төмендеги функционаллық байланыс ушын абсолют ҳәм салыстырмалы қәтеликлерди табың:

$$\tau = \frac{m_1 + m_2 - m_3}{2m_1m_2}$$

.

Бул мысалда, алдын салыстырмалы қәтеликти анықлаған қолайлы. Онда,

$$d\left[\ln\left(\frac{m_1+m_2-m_3}{2m_1m_2}\right)\right] = d\left[\ln(m_1+m_2-m_3) - \ln 2 - \ln m_1 - \ln m_2\right] =$$

$$= d[\ln(m_1 + m_2 - m_3)] - d(\ln 2) - d(\ln m_1) - d(\ln m_2) =$$

$$= \frac{d(m_1+m_2-m_3)}{m_1+m_2-m_3} - \frac{dm_1}{m_1} - \frac{dm_2}{m_2}\ .$$

Аңлатпада дифференциалдың математикалық тийкары алынғанлықтан, қосылыўшылар алдындағы белгилер есапқа алынады. Математикалық әмеллерди орынлаў арқалы аңлатпаны төмендеги көринисте жазамыз:

$$\frac{dm_1}{m_1+m_2-m_3} + \frac{dm_2}{m_1+m_2-m_3} - \frac{dm_3}{m_1+m_2-m_3} - \frac{dm_1}{m_1} - \frac{dm_2}{m_2} =$$

$$= \left(\frac{1}{m_1 + m_2 - m_3} - \frac{1}{m_1}\right)dm_1 + \left(\frac{1}{m_1 + m_2 - m_3} - \frac{1}{m_2}\right)dm_2 -$$

$$- \frac{dm_3}{m_1 + m_2 - m_3} = \frac{m_2 - m_3}{m_1(m_1 + m_2 - m_3)}dm_1 +$$

$$+ \frac{m_1 - m_3}{m_2(m_1 + m_2 - m_3)}dm_2 - \frac{1}{m_1 + m_2 - m_3}dm_3 .$$

(16) формуласынан пайдаланып

$$\varepsilon = \frac{\Delta\tau}{\overline{\tau}} = \sqrt{\left[\frac{m_2 - m_3}{m_1(m_1 + m_2 - m_3)}\right]^2 (\Delta m_1)^2 + \left[\frac{m_1 - m_3}{m_2(m_1 + m_2 - m_3)}\right]^2 (\Delta m_2)^2 + \left[\frac{dm_3}{m_1 + m_2 - m_3}\right]^2} .$$

Абсолют тосыннан пайда болған қәтеликти $\Delta\tau = \varepsilon \cdot \overline{\tau}$ аңлатпасы арқалы есаплаймыз.

(14) формуласын қоллана отырып

$$\varepsilon = \frac{\delta\tau}{\overline{\tau}} = \left|\frac{m_2 - m_3}{m_1(m_1 + m_2 - m_3)}\delta m_1\right| + \left|\frac{m_1 - m_3}{m_2(m_1 + m_2 - m_3)}\delta m_2\right| +$$

$$+ \left|\frac{\delta m_3}{m_1 + m_2 - m_3}\right| .$$

Абсолют системалы пайда болған қәтеликти болса $\delta\tau = \varepsilon \cdot \overline{\tau}$ арқалы есаплаймыз.

3-қосымшада әпиўайы функциялар ушын қәтеликлерди есаплаў формулалары келтирилген.

§ 2.11. Сызықлы байланыслылықлар параметрлерин анықлаў

Көпшилик тәжирийбелерде x ҳәм y шамалары (биреўи, мысалы y екиншисиниң (x) функциясы) өлшенеди. Мейли, экспериментте аргумент x тың x_1, x_2 …x_n мәнислеринде y шамасының y_1, y_2…y_n мәнислери өлшенсин.

Усы y ҳәм x арасындағы эмпирикалық байланысты анықлаў керек болсын. Мәселениң шешими экспериментте анықланған мәнислер арқалы өткерилген сызықтың ҳақыйқый фунционаллық байланыс y = f(x) арқалы жасалған сызыққа максимал жақынласыўын тәмийинлеўди талап етеди. Бул жерде биз сызықлы байланыс жағдайын қараў менен шекленемиз.

y ҳәм x шамалары арасындағы сызықлы байланыс төмендеги көриниске ийе:

$$y = ax + b. \qquad (17)$$

Физикада шамалар арасындағы сызықлы байланыслылық көп қолланылады. Айырым сызықлы болмаған байланыслылықларда түрлендириўлер арқалы сызықлы түрге алып келинеди. Мысал: $y = Ae^{\alpha/x}$ байланысы $\ln y = \ln A + \alpha/x$ көринисине алып келинеди ҳәм $\ln y = f(1/x)$ графиги сызылады.

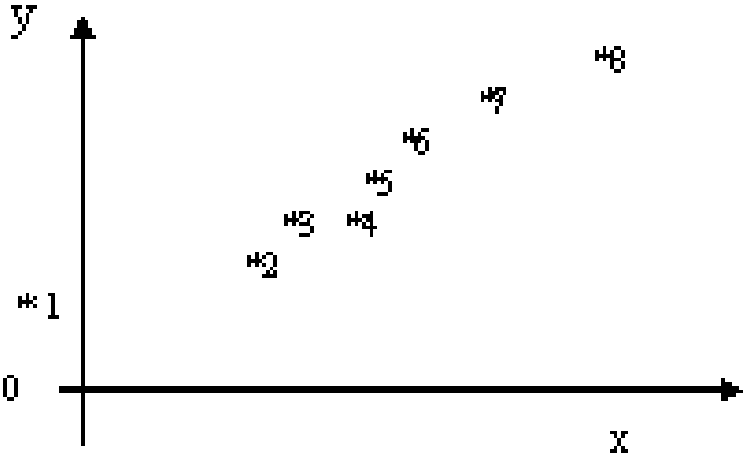
Төменде эксперименталлық мәнислер арқалы анықланған (17) байланысының турақлы параметрлерин (а ҳәм b) анықлаўдың еки усылы қаралады.

2.11.1. Жуп ноқатлар усылы

Жуп ноқатлар методы ең әпиўайы усыл болып, тийкарынан туўрының еңкейиў мүйешин (яғный а коэффициентин) анықлаўда қолланылады.

Айтайық. Бизге қандайда қәтелик пенен бир туўры бойында жататуғын 8 ноқат берилсин. Усы туўрының еңкейиў мүйеши тангенсиниң ҳақыйқат мәнисине ең жақын сәйкес келиўши мәнисин ҳәм қәтелигин анықлаў керек болсын.

Ноқатларды 1 ден 8 ге шекемги санлар менен белгилеймиз (6-сүўрет). 1 ҳәм 5 ноқатларын алайық; усы ноқатлар арқалы өтиўши туўры ушын еңкейиў мүйешин анықлаймыз. Кейин келеси жуплықлар ушында туўрылардың еңкейиў мүйешлери тангенслери анықланады. Алынған нәтийжелерден а коэффициентиниң орташа мәниси $\bar{a}$ анықланады. Оның орташа квадратлық қәтелиги ҳәм исенимлилик интервалы жоқарыда көрсетилген (§ 2.4) усылда анықланады.



6-сүўрет. Жуп ноқатлар методы жәрдеминде а коэффициентлерин анықлаў.

Бул усы $(x_5 - x_1)$, $(x_6 - x_2)$, $(x_7 - x_3)$, $(x_8 - x_4)$ айырмалары дерлик бирдей болғанда жақсы нәтийже береди.

Солай етип, алынған туўры $\overline{a}$ мүйешлик коэффициентке ийе болып, x ҳәм y өзгериўшилериниң орташа мәнислерине сәйкес келиўши ноқатлар арқалы өтеди екен.

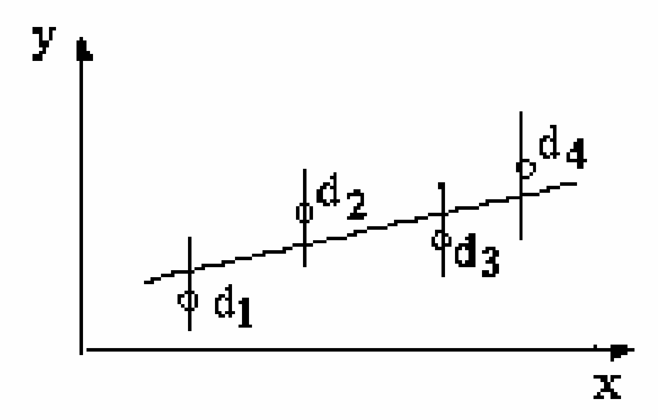
2.11.2. Ең киши квадратлар усылы

Физикалық шама x тың ҳәр қыйлы мәнислеринде y ти өлшей отырып төмендеги мәнислер қатарларын аламыз:

$$x_1, x_2, ..., x_i, , ... , x_n;$$
$$y_1, y_2, ..., y_i, , ... , y_n.$$

Алынған нәтийжелер арқалы $y = f(x)$ байланысы графигин жасаў мүмкин. Алынған график $f(x)$ функциясы түри ҳаққындағы дәслепки мағлыўматларды береди. Бирақ, оған кириўши турақлы коэффициентлер белгисиз болып қала береди. Бул турақлыларды анықлаў мумкиншилигин бериўши екинши усыл ең киши квадратлар усылы болып есапланады.

Экспериментте алынған мәнислер, көпшилик жағдайларда, $f(x)$ функциясы иймеклиги үстине дәл жайласпайды (7-сүўрет). Ең киши квадратлар усылы эксперименталлық мәнислер ҳәм функция иймеклигине сәйкес келиўши мәнислер айырмасы квадратлары $[y_i - f(x_i)]^2$ суммасы ең киши мәнислерге ийе болыўын талап етеди.



7-сүўрет. Эксперименталлық нәтийжелердиң изертленип атырған туўры әтирапындағы жайласыўлары

Координата басынан өтиўши туўры теңлемеси болған $y = kx$ байланысын қарайық. Айтайық, қәтелик тек y шамасын анықлаўда жиберилген болсын. Эксперименталлық мәнислер ҳәм функция иймеклигине сәйкес келиўши мәнислер айырмасы квадратлары суммасы φ ди есаплаймыз:

$$\varphi = \sum_{i=1}^{n}\left(y_i - kx_i\right)^2 .$$

φ барлық ўақыт нолден үлкен ҳәм эксперименталлық ноқатлар иймекликке қанша жақын болған сайын, сонша киши мәниске ийе болады. Ең киши квадратлар усылы φ минимум болатуғын k ны анықлаў мүмкиншилигин береди:

$$\frac{d\varphi}{dk} = -2\sum x_i\left(y_i - kx_i\right) = 0$$

ямаса

$$k = \frac{\sum x_i y_i}{\sum x_i^2} \qquad (18)$$

Есаплаўлар k ны анықлаўдың орташа квадратлық қәтелиги төмендегиге тең екенлигин көрсетеди:

$$S_k = \sqrt{\frac{1}{(n-1)}\cdot\left(\frac{\sum(y_i - kx_i)^2}{\sum x_i^2}\right)}, \qquad (19)$$

бунда n - өлшеўлер саны.

Енди, эксперименталлық мәнислер y = a + bx (координата басы арқалы өтпейтуғын туўры теңлемеси) байланысын қанаатландырыўы керек болған жағдайды қарайық. Эксперименталлық нәтийжелерден φ ди есаплаймыз:

$$\varphi = \sum_{i=1}^{n}\left(y_i - a - bx_i\right)^2$$

φ минимум болыў шәртлеринен a ҳәм b мәнислерин табамыз:

$$\frac{\partial\varphi}{\partial a} = -2\sum\left(y_i - a - bx_i\right) = 0 ;$$

$$\frac{\partial\varphi}{\partial b} = -2\sum x_i\left(y_i - a - bx_i\right) = 0 .$$

Теңлемелерди бирлестире отырып шешиў арқалы

$$b = \frac{\sum\left[\left(x_i - \bar{x}\right)y_i\right]}{\sum\left(x_i - \bar{x}\right)^2} \qquad (20)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} . \qquad (21)$$

а ҳәм b ларды анықлаўдың орташа квадратлық қәтеликлери төмендегилерге тең:

$$S_b = \sqrt{\frac{\sum (y_i - bx_i - a)^2}{(n-2)\sum (x_i - \bar{x})^2}} \qquad (22)$$

$$S_a = \sqrt{\left(\frac{\sum (y_i - bx_i - a)^2}{n-2}\right)\left(\frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}\right)}. \qquad (23)$$

Өлшеўлер нәтийжелерин бул усыл пенен қайта ислеў ушын барлық мағлыўматларды (эксперименталлық ҳәм (18)–(23) формулаларына қатнасыўшы барлық суммалар мәнислери) алдын ала кестеге жазып алыў керек. Бул кестелер формасы төмендеги мысалларда келтирилген.

1-мысал. Айланбалы қозғалыс динамикасының тийкарғы теңлемеси $\varepsilon = M/J$ (координата басынан өтиўши туўры) изертленди. Денеге тәсир етиўши күштиң бурыўшы моментиниң (M) ҳәр қыйлы мәнислеринде денениң мүйешлик тезлениўлери (ε) өлшенди. Усы денениң инерция моментин анықлаў талап етиледи. Күш моменти ҳәм мүйешлик тезлениўдиң өлшенген мәнислери 5-кестениң екинши ҳәм үшинши бағаналарында келтирилген.

(18) формуласы жәрдеминде

$$\frac{1}{J} = \frac{\sum M\varepsilon}{\sum M^2} = \frac{41\ 1115}{123.1886} = 0.3337\,кг^{-1}м^{-2}.$$

Буннан $\bar{J} = 2.996 кг \cdot м^2$.

Орташа квадратлық қәтеликти (19) формуласы арқалы есаплаймыз:

$$S_{(1/J)} = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \cdot \left(\frac{\sum (y_i - kx_i)^2}{\sum x_i^2}\right)} = \sqrt{\frac{1}{(5-1)}\left[\frac{0.016436}{123.1886}\right]} =$$

$$= 0.005775\ кг^{-1} \cdot м^{-2}.$$

(16) - формуладан

$$S_J = \bar{J}\sqrt{\left[\frac{S_{(1/J)}}{(1/J)}\right]^2} = \bar{J} \cdot \frac{S_{(1/J)}}{(1/J)};$$

$$S_J = (2.996 \cdot 0.005775)/0.3337 = 0.05185\ кг \cdot м^2.$$

Исенимлилик итималлығын P = 0.95 деп ала отырып, Стьюдент коэффициентлери кестесинен (қосымша-1) n = 5 ушын t = 2.78 ди пайдаланып абсолют қәтеликти есаплаймыз: $\Delta J = 2.78 \cdot 0.05185 = 0.1441 \approx 0.2$ $кг \cdot м^2$.

Нәтийжени төмендеги көринисте жазамыз:

$$J = (3.0 \pm 0.2)\ кг \cdot м^2;$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta J}{\overline{J}} \cdot 100\% = \frac{0\ 2}{3.0} \cdot 100\% \approx 7\% .$$

5-кесте.

n	M, Н · м	ε, c^{-1}	M^2	M · ε	ε - kM	$(\varepsilon - kM)^2$
1	1.44	0.52	2.0736	0.7488	0.039432	0.001555
2	3.12	1.06	9.7344	3.3072	0.018768	0.000352
3	4.59	1.45	21.0681	6.6555	-0.08181	0.006693
4	5.90	1.92	34.81	11.328	-0.049	0.002401
5	7.45	2.56	55.5025	19.072	0.073725	0.005435
∑	–	–	123.1886	41.1115	–	0.016436

2-мысал. Металлдың қарсылығының температураға байланыслылығы коэффициентин есаплайық. Қарсылық температураға байланыслы $R_t = R_0(1 + \alpha t°) = R_0 + R_0 \alpha t°$ нызамлығы тийкарында өзгереди. R_0 металлдың 0°С температурадағы қарсылығы, ал мүйешлик коэффициент – температуралық коэффициент α ҳәм қарсылық R_0 көбеймесине тең. Өлшеўлер ҳәм есаплаўлар нәтийжелери 6-кестеде келтирилген.

(19), (20) формулалар арқалы төмендегилерди анықлаймыз:

$$\alpha R_0 = \frac{\sum[(t_i - \overline{t})R_i]}{\sum(t_i - \overline{t})^2} = \frac{21.5985}{8166.833} = 0.002645\ Ом/град ,$$

$$R_0 = \overline{R} - \alpha R_0 \overline{t} = 1.4005 - 0.002645 \cdot 85.83333 = 1.1735\ Ом .$$

Булардан:

$$\alpha = \frac{\alpha R_0}{R_0} = \frac{0.002645}{1.1735} = 0\ 00225\ град^{-1} .$$

Мүйешлик коэффициент α ны анықлаўдағы қәтеликти есаплайық. $\alpha = \frac{\alpha R_0}{R_0}$ болғанлықтан, (16) – формуладан

$$S_\alpha = \sqrt{\left(\frac{S_{\alpha R_0}}{\alpha R_0}\right)^2 + \left(\frac{S_{R_0}}{R_0}\right)^2} .$$

(22), (23) формулаларын пайдаланып

$$S_{\alpha R_0} = \sqrt{\frac{\sum(R_i - bt_i - a)^2}{(n-2)\sum(t_i - \bar{t})^2}} = \sqrt{\frac{0.000746804}{(6-2)\cdot 8166.833}} = 1.51\cdot 10^{-4}\ Ом/град$$

;

$$S_{R_0} = \sqrt{\left(\frac{\sum(R_i - bt_i - a)^2}{n-2}\right)\left(\frac{1}{n} + \frac{\bar{t}^2}{\sum(t_i - \bar{t})^2}\right)} = \sqrt{\left(\frac{0.000746804}{6-2}\right)\left(\frac{1}{6} + \frac{\overline{85\ 83333}^2}{8166\ 833}\right)} =$$

$$= 0.014126\ Ом.$$

Онда

$$S_\alpha = 0.002254\cdot\sqrt{\left(\frac{1.51\cdot 10^{-4}}{26.45\cdot 10^{-4}}\right)^2 + \left(\frac{0.014126}{1.1735}\right)^2} = 1.32\cdot 10^{-4} град^{-1}$$

.

Исенимлилик итималлығы P = 0.95 ушын n = 6 ушын кестеден Стъюдент коэффициентин (t = 2.57) табамыз ҳәм абсолют қәтеликти есаплаймыз:

$$\Delta\alpha = 2.57 \cdot 0.000132 = 0.000338\ град^{-1}.$$

$$\alpha = (23 \pm 4)\cdot 10^{-4}\ град^{-1} \text{ егер } P = 0.95.$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta\alpha}{\alpha}\cdot 100\% = \frac{4}{23}\cdot 100\% \approx 20\%$$

.

6-кесте.

n	t°, c	r, Ом	$t-\bar{t}$	$(t-\bar{t})^2$	$(t-\bar{t})r$	r - bt - a	$(r - bt - a)^2, 10^{-6}$
1	23	1.242	-62.8333	3948.028	-78.039	0.007673	58.8722
2	59	1.326	-26.8333	720.0278	-35.581	-0.00353	12.4959
3	84	1.386	-1.83333	3.361111	-2.541	-0.00965	93.1506
4	96	1.417	10.16667	103.3611	14.40617	-0.01039	107.898
5	120	1.512	34.16667	1167.361	51.66	0.021141	446.932
6	133	1.520	47.16667	2224.694	71.69333	-0.00524	27.4556
∑	515	8.403	–	8166.833	21.5985	–	746.804
∑/n	85.83333	1.4005	–	–	–	–	–

3-мысал. Ньютон сақыйналары радиуслары арқалы линзаның иймеклик радиусын анықлаў керек болсын. Сақыйналар радиуслары (r_m) өлшенди ҳәм оларды қатар тәртиби (m) арқалы кестеге жазылды. Ньютон сақыйналары радиуслары ҳәм линзаның иймеклик радиусы, сақыйна қатар тәртиби арасында төмендеги байланыс орынлы:

$$r^2_m = m\lambda R - 2d_0R,$$

бунда, d_0 – линзаның иймеклик бети ҳәм тегис пластина аралығындағы ҳаўа қатламы қалыңлығы,

λ – түскен жақтылық толқыны узынлығы.

Төмендеги белгилеўлерди киритейик: $\lambda = (600 \pm 6)$ нм; $r^2_m = y$; $m = x$; $\lambda R = b$;

$-2d_0R = a$. Нәтийжеде жоқарыдағы теңлеме $y = a + bx$ көринисине келеди.

Өлшеўлер ҳәм есаплаўлар нәтийжелери 7-кестеде келтирилген.

Төмендегилерди есаплаймыз:

1. (20), (21) арқалы a ҳәм b коэффициентлерин:

$$b = \frac{\sum\left[\left(m-\overline{m}\right)r^2\right]}{\sum\left(m-\overline{m}\right)^2} = \frac{1.041175}{17.5} = 0.0594957\ Ом/град\ ;$$

$$a = \overline{r}^2 - b\overline{m} = (0.208548333 - 0.0594957 \cdot 3.5) = 0.0003133\ мм^2.$$

2. (22), (23) формулалары жәрдеминде b ҳәм a ушын орташа квадратлық қәтеликлерди:

$$S_b = \sqrt{\frac{\sum\left(r^2 - bm - a\right)^2}{(n-2)\sum\left(m-\overline{m}\right)^2}} = \sqrt{\frac{3.12176\ 10^{-6}}{(6-2)\cdot 17.5}} = 0\ 000211179\ мм^2\ ;$$

$$S_a = \sqrt{\left(\frac{\sum\left(r^2 - bm - a\right)^2}{n-2}\right)\left(\frac{1}{n} + \frac{\overline{m}^2}{\sum\left(m-\overline{m}\right)^2}\right)} =$$

$$= \sqrt{\left(\frac{3\ 12176\cdot 10^{-6}}{6-2}\right)\left(\frac{1}{6} + \frac{3\ 5^2}{17.5}\right)} = 0.000822424\ мм^2$$

3. Исенимлилик итималлығы P = 0.95 ҳәм n = 6 қосымша-1 кестеден Стьюдент коэффициентин (t = 2.57) табамыз ҳәм абсолют қәтеликти есаплаймыз:

$$\Delta b = 2.57 \cdot 0.000211179 = 6\cdot 10^{-4}\ мм^2;$$

$$\Delta a = 2.57 \cdot 0.000822424 = 3\cdot 10^{-3}\ мм^2.$$

4. Нәтийжелерди төмендеги көринисте жазамыз:

$$b = (595 \pm 6)\cdot 10^{-4}\ мм^2 \text{ при } P = 0.95;$$

$$a = (0.3 \pm 3)\cdot 10^{-3}\ мм^2 \text{ при } P = 0.95;$$

Тәжирийбеде алынған нәтийжелер $r^2_m = f(m)$ туўрысы өлшеўлер қәтелиги шегарасында координата басынан өтетуғынлығын көрсетеди. Бул тәжирийбеде a коэффициенти әҳмийетли емес. Сонлықтан, оны анықлаўға тоқтап отырмаймыз.

5. Линзаның ыймеклик радиусын есаплаймыз:

$$R = b / \lambda = 594.5 / 6 = 99.1 \textit{ мм}.$$

6. Толқын узынлығы ушын системалы қәтелик муғдары берилген болғанлықтан, (16) формула жәрдеминде линза иймеклик радиусы R ушында системалы қәтеликти есаплаймыз. Буның ушын b шамасының системалы қәтелигин тосыннан пайда болыўшы қәтелиги Δb ға тең деп аламыз:

$$\delta R = \left(\frac{\Delta b}{b} + \frac{\delta\lambda}{\lambda}\right) = 100.3\cdot\left(\frac{0.05\cdot10^{-2}}{6.02\cdot10^{-2}} + \frac{6}{600}\right) = 1\ 84 \approx 2\,мм.$$

Ақырғы нәтийжени R = (99 ± 2) *мм* $\varepsilon \approx 3\%$ (P = 0.95 болғанда) түринде жазамыз.

7-кесте.

N	$x = m$	$y = r^2$, 10^{-2} мм^2	$m - \bar{m}$	$(m - \bar{m})^2$	$(m - \bar{m})y$	$y - bx - a$, 10^{-4}	$(y - bx - a)^2$, 10^{-6}
1	1	6.101	-2.5	6.25	-0.152525	12.01	1.44229
2	2	11.834	-1.5	2.25	-0.17751	-9.6	0.930766
3	3	17.808	-0.5	0.25	-0.08904	-7.2	0.519086
4	4	23.814	0.5	0.25	0.11907	-1.6	0.0243955
5	5	29.812	1.5	2.25	0.44718	3.28	0.107646
6	6	35.760	2.5	6.25	0.894	3.12	0.0975819
∑	21	125.129	–	17.5	1.041175	–	3.12176
∑/n	3.5	20.8548333	–	–	–	–	–

III Бап. Лаборатория жумысы есабы

Ҳәр бир лабораториялық жумыс бойынша есабат таярланады. Лабораториялық жумыс есабаты төмендегилерден ибарат болады:

Метод идеясы қысқаша баян етиледи, есаплаў формуласы ҳәм оған қатнасыўшы белгилердиң физикалық мәниси келтириледи;

Өлшеўлер ҳәм есаплаўлар нәтийжелери келтирилген кестелер;

Өлшеўлер нәтийжелерин статистикалық қайта ислеў;

Жуўмақлар.

Есабат титулинде лабораториялық жумыс аты, факультет, курс, топар, орынлаўшының фамилиясы ҳәм исми - шәрипи көрсетиледи.

Кесте ҳәм графиклер номерленген болады;

Жуўмақлар сәйкес кесте ҳәм графиклер менен дәлилленеди;

Есабат жақсы стилде, түсиникли қол жазба менен орынланыўы, сөзлерди қысқартыўлар арқалы жазыў қабылланған шәртли белгилеўлер тийкарында әмелге асырылады. Есабат бөлимлери, есаплаў формулалары ҳәм жуўмақлар текстте айырықша көзге тасланатуғындай етип орынланады.

§ 3.1. Эксперименталлық үскене схемасы ҳәм өлшеўлер нәтийжелери кестеси

Эксперименталлық үскенелерди ҳәм өлшеўлер жүргизиў методикасын сөз бенен тәриплеў түсиниксизликти пайда етеди. Усы жағдайда үскене ҳәм өлшеў методикасын схемалық аңлатыў керек болады. Схема ҳәм бирнеше сөзлер арқалы үскене ҳәм өлшеў усылы идеясы ҳаққындағы толық түсиникти пайда етиў мүмкин.

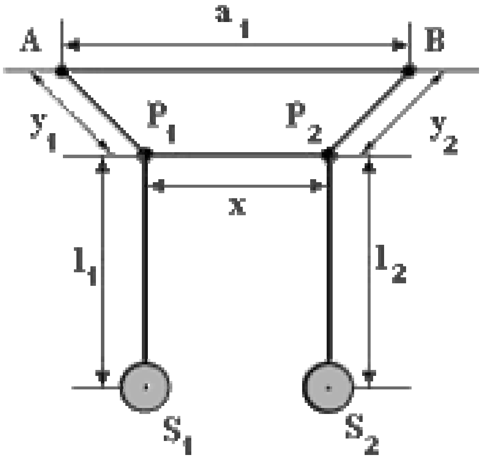
Айтылғанның туўрылығын төмендеги байланысқан маятник тербелисин үйрениў үскенеси элементиниң еки түрли тәриплениўи арқалы көрсетейик.

1-тәриплеў. Горизонтал стерженге А ҳәм В ноқатларында жип байланған. Бул жиплерге P_1 ҳәм P_2 ноқатларында сырғанаўшы түйинге ийе еки жип бекитилген. Олардың ушларына S_1 ҳәм S_2 шарлары илинген. AB, AP_1, BP_2 ҳәм P_1P_2 кесиндилери узынлықлары a_1, y_1, y_2 ҳәм x арқалы белгиленген. P_1 түйининен S_1 шары орайына шекемги аралық l_1, ал P_2 түйиннен S_2 шары орайына шекемги аралық l_2. Маятниклер арасындағы байланысты x ты өзгертиў арқалы әмелге асырамыз. өлгериўшең. Буның ушын P_1 ҳәм P_2 түйинлерин AP_1P_2B сабағы арқалы система симметриялы қалатуғындай етип қозғаймыз, яғный ҳәмме ўақыт $y_1 = y_2$.

2-тәриплеў. Үскене схемасы 16-сүўретте көрсетилген. Бунда, AP_1P_2B– жиптиң тутас кесиндиси, P_1 ҳәм P_2 – сырғанаўшы түйинлер. Түйинлерди аўыстырыў арқалы x ты $y_1 = y_2$ болып қалатуғындай етип өзгертиў мүмкин.

Схема үскенениң көркем безелген ямаса фотографиялық сүўрети болыўы керек емес. Ол мүмкин болғанынша әпиўайы ҳәм онда тек экспериментте қатнасы бар деталлар көрсетилиўи керек. Айырым жағдайларда болмаса, улыўма жағдайларда схемада үскенениң масштабын қатаң сақлаў талап етилмейди.

Лабораториялық жумыс есабы компакт ҳәм оқыўға аңсат болыўы ушын өлшеўлер ҳәм есаплаўлар нәтийжелерин кестелер түринде келтирген мақул. Бир шаманың ҳәр қыйлы өлшеўлер ўақтында алынған мәнислери бир бағанада избе - из келтирилиўи керек. Бул өлшеў нәтийжелерин салыстырыў ушын қолайлы болады. Ҳәр бир бағананың басына шама аты ямаса сәйкес белгиси, өлшем бирлиги келтириледи. Айырым жағдайларда, шама мәнислерин 0,1 ден 1000 аралығындағы санлар менен аңлатыў мүмкин болыўы ушын, өлшем бирликке онлық дәрежелик ағзаны көбейтип жазған қолайлы болады.



Төмендеги кестеде ҳәр қыйлы материаллар ушын Юнг модули мәнислери келтирилген.

Материал	Юнг модули E, 10^{11} $Н{\cdot}м^{-2}$
Темир	2.11

Кестеде келтирилген мағлыўмат төмендегише оқылады: темир ушын Юнг модули E= $2.11{\cdot}10^{11}$ $Н{\cdot}м^{-2}$.

Өлшем бирлиги бағана басында келтирилгенликтен, оны ҳәр бир қатарда тәкирарлаў керек болмайды.

§ 3.2. Графиклер

Физикада графиктиң горизонтал көшерине ғәрезсиз өзгериўши, ал вертикал көшерге – өзгериўшиниң сәйкес мәниси ушын анықланыўшы шамалар қойылады.

Графиклер ушын сызықлы (миллиметрлик) ҳәм логарифмлик масштабтағы қағазлар қолланылады. Логарифмлик қағазлар еки түрге ийе: ярым логарифмлик (логарифмлик масштаб тек бир координата көшери бойлап келтирилген) ҳәм екиленген логарифмлик (өлшеў интервалында үйренилиўши шама бирнеше тәртипке өзгеретуғын жағдайдағы графикти түсириў ушын). Ярым логарифмлик масштаб өзгериўшилер арасындағы байланыс логарифмлик ямаса экспоненциаллық ($y = B_o + B_1e^{kx}$), ал екиленген логарифмлик масштаб - өзгериўшилер арасындағы байланыс $y \sim x^k$ (бундағы k – белгисиз шама) болғанда қолланылады.

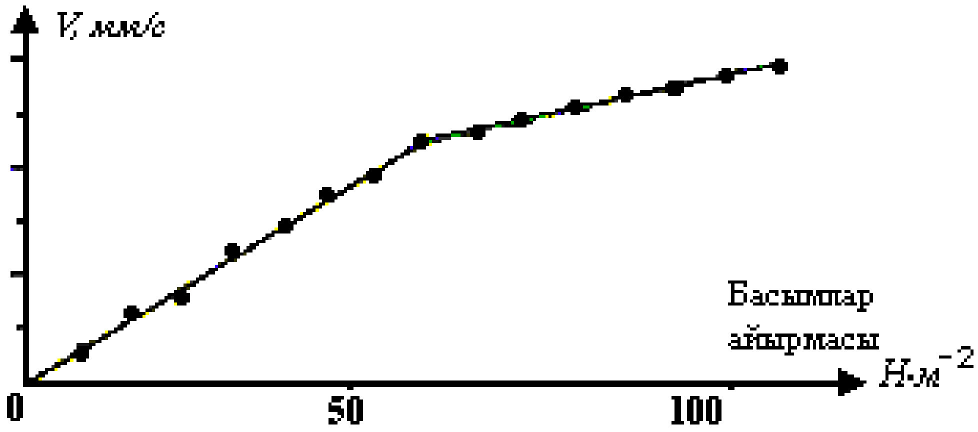
Экспериментallлық физикада графиклер бирнеше мақсетлерде қолланылады. Бириншиден, еки өзгериўши арасындағы байланыслылық графиги туўрының еңкейиў мүйешин, ямаса ордината көшеринен кесиўши кесинди узынлығын анықлаў ушын дүзиледи. Әлбетте, туўрының еңкейиў мүйешин, ордината көшеринен кесиўши кесинди узынлығын ең киши квадратлар усылы арқалы санлық мәнислеринен анықлаған орынлы. Бул турақлыларды тиккелей графиктен анықлаў ушын экспериментallлық ноқатлар арқалы туўры жүргизиў мүмкин болғанда, өлшеўлер дәл экспериментallлық усыл жәрдеминде орынланғанда, ямаса иймекликтиң еңкейиў мүйеши ақырғы нәтийже ушын үлкен әҳмийетке ийе болмағанда қолланыў мүмкин.

Екиншиден, графиклер нәтийжелердиң көргизбелилигин тәмийинлеў ушын қолланылады. Графиклер экспериментallлық мағлыўматларды ҳәм теориялық иймеклик пенен салыстырыў мүмкиншилигин береди. Өлшеўлер нәтийжелерин графикке түсире отырып, экспериментtиң қалай орынланып атырғанлығын қадағалаўға болады.

Мысал. Айтайық, най арқалы суў ағысы қандай жағдайларда ламинарлықтан турболентликке өтетуғынлығын анықлаў керек болсын. Оның ушын най арқалы суў ағысы тезлигиниң най ушларындағы басымлар айырмасына байланыслылығын үйрениўимиз керек. Алынған нәтийжелер төмендеги кестеде келтирилген.

Басымлар айырмасы, *Н·м*$^{-2}$	Орташа тезлик, *мм/с*	Басымлар айырмасы, *Н·м*$^{-2}$	Орташа тезлик, *мм/с*
7,8	35	78,3	245
15,6	65	86,0	258
23,4	78	87,6	258
31,3	126	93,9	271
39,0	142	101,6	277
46,9	171	109,6	284
54,7	194	118,0	290
62,6	226		

Суўдың ағыў тезлиги басымлар айырмасына пропорционал болған жағдайларда ағыс ламинар болатуғынлығы теориядан белгили. Бирақ, кестеде келтирилген санлардан пропорционаллықтың бузылыў шегарасын анықлаў қыйын. Кесте нәтийжелери арқалы дүзилген графиктен болса, бул шегараны аңсат анықлаўға болады (8-сүўрет).



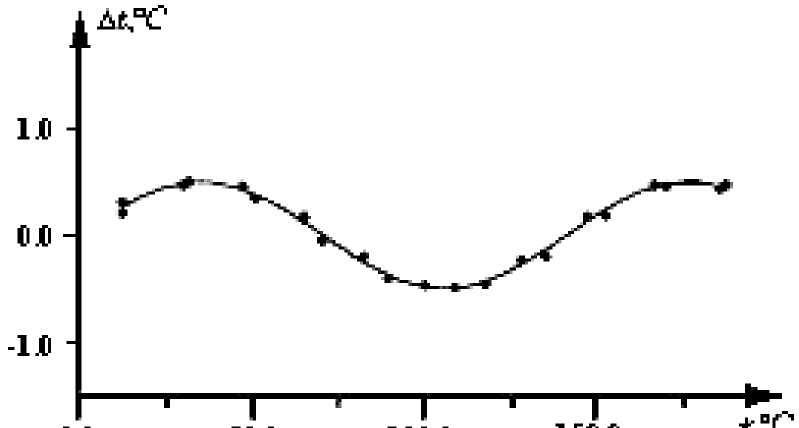
8-сүўрет.

Үшиншиден, эксперименталлық изертлеўлерде графиклер еки шама арасындағы эмпирикалық қатнасты анықлаў ушын қолланылады. Мысалы, термометр көрсетиўин эталон әспаб көрсетиўи менен градирлей отырып, дүзетиўди термометр көрсетиўи функциясы түринде анықлаймыз (9а-сүўрет). Графикте эксперименталлық ноқатлар арқалы өтиўши монотон өзгериўши ийmeклик жүргиземиз (9b-сүўрет) ҳәм оннан термометр көрсетиўине дүзетиў киритиўде қолланамыз.

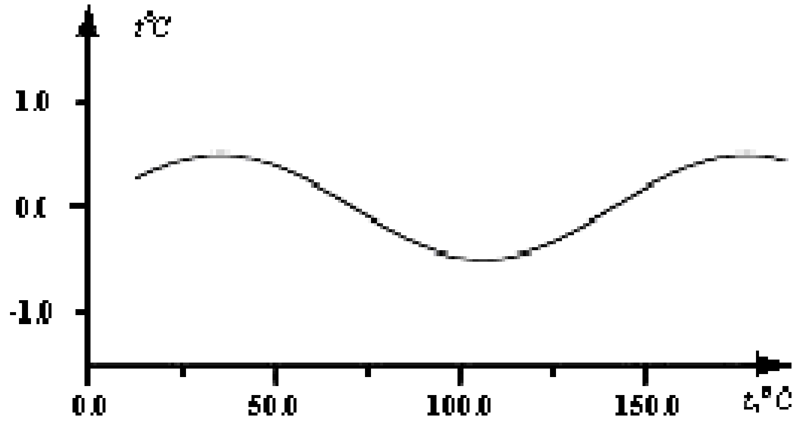
Графиклерди дүзиўде төмендеги улыўмалық қәделер сақланыўы керек:

график тек миллиметрлик қағазда жасалады;

координата көшерлеринде масштаблық тор түсирилиўи, көрсетилиўши шаманың белгиси ҳәм өлшем бирликлери келтириледи; Масштаблық сызықлар тусына шамалардың сан мәнислери жазылады. Кестелерди дүзиўдеги сыяқлы, графиклерди дүзиўде санлардың дәрежелик көбеймесин өлшем бирлик тәрепке өткерген мақул. Усы жағдайда график масштаблық сызықларын 1, 2, 3 ... ямаса 10, 20, 30 ... түриндеги (10000, 20000 ҳәм т.б., ямаса 0.0001, 0.0002 ҳәм т.б. орнына) санлар менен белгилеў мүмкин болады. Координата көшерлеринде келтирилген шаманың аты ямаса белгиси (ямаса екеўиде) келтириледи (10-сүўрет).



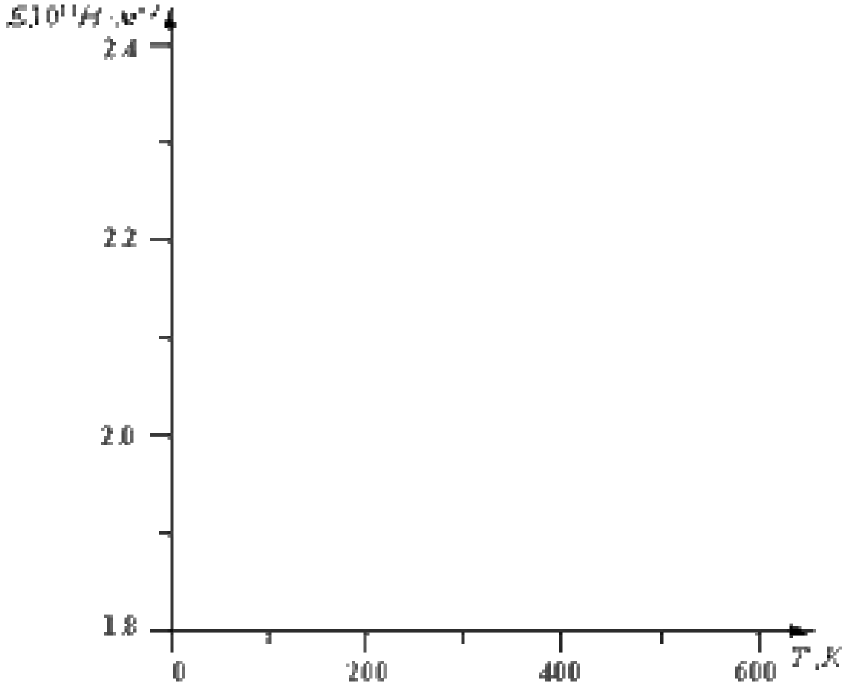
а)



b)

9-сүўрет. Термометр ҳәм эталон әспаб көрсетиўлери айырмасы (a) ҳәм термометр көрсетиўине дүзетиў (b) графиклери

масштабты оның үлеслерин аңсат есаплаў мүмкин болыўы ушын әпиўайы етип таңланыўы керек; Мысалы, 1 см = 0,1; 1; 2 ямаса 10 бирлик.



10-сүўрет. Юнг модулиниң температураға (T) байланыслылығы

График масштабы барлық экспериментallық мағлыўматлар жайласыўы ҳәм бир биринен ажыралған ҳалда турыўы мүмкин болғандай етип таңлап алынады. Егерде, x ҳәм y шамалардың басланғыш мәнислери нолден үлкен шамаларға парықланатуғын болса, көшерлердиң санақ басын өлшенген шамалардың ең кишисинен сәл киши мәнислерден баслаў керек. Сол ўақытта координата басында үлкен бослық пайда болмайды.

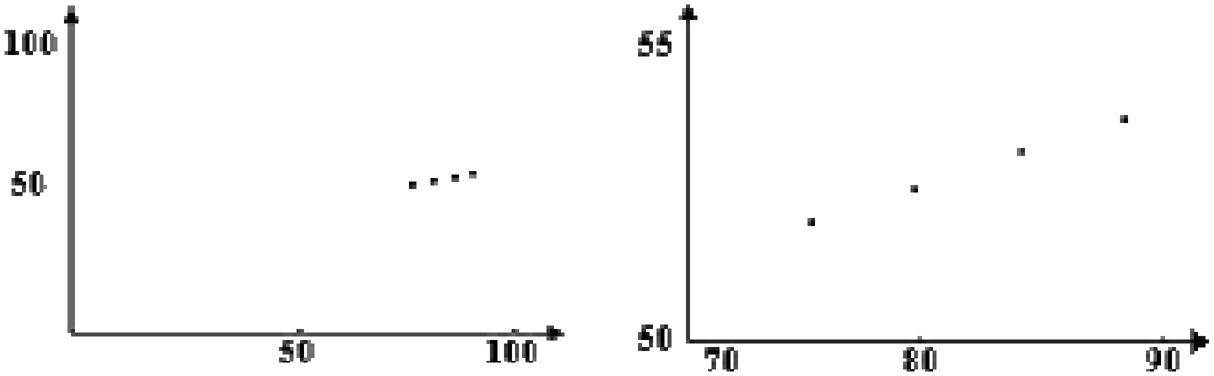
эксперименталлық ноқатлар улыўма фоннан ажыралып туратуғындай етип түсириледи;

график монотон өзгериўши иймеклик түрине ийе болыўы (үлкен иймекликке ҳәм секириўлерге ийе болмаўы) керек. Дурыс ҳәм надурыс жүргизилген иймекликлерге мысаллар 13-сүўретлерде келтирилген.

Эксперименталлық ноқатлар арқалы иймеклик жүргизиўде төмендегилерге итибар бериў керек:

иймеклик мүмкин болғанынша аз сандағы сынық сызықлардан ибарат болыўы;

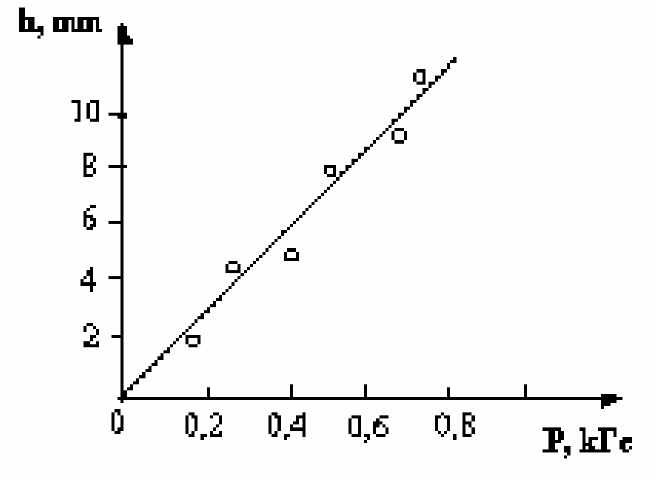
иймекликке эксперименталлық ноқатлар мүмкин болғанынша жақын жайласыўы, сызықтың еки тәрепинде жайласқан ноқатлар саны өз ара тең болыўы;



a) b)

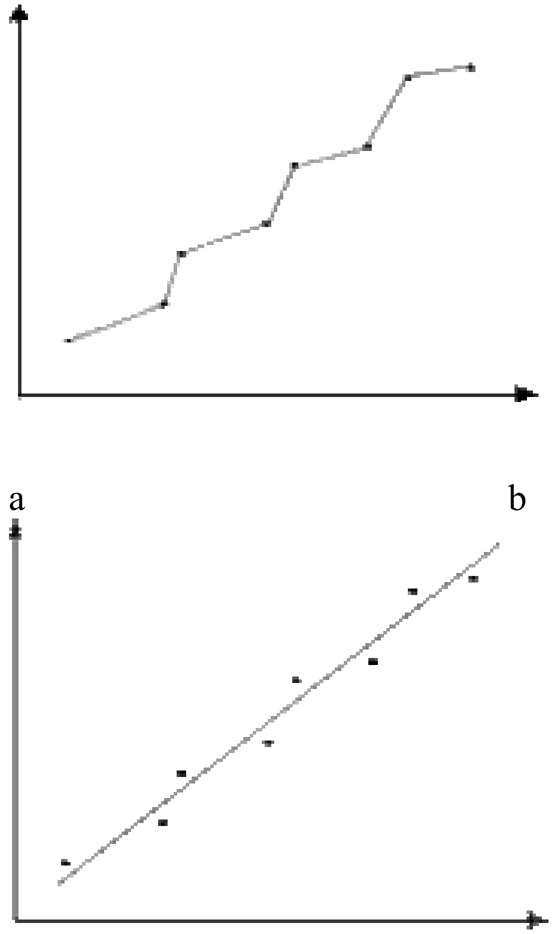
11-сүўрет. Надурыс (a) ҳәм туўры (b) таңланған масштабтағы графиклер

сызықтан бир үлкен аўысқан ноқаттан 2-3 киши аўысыўлпарға ийе ноқатлардың бар болыўы абзал.



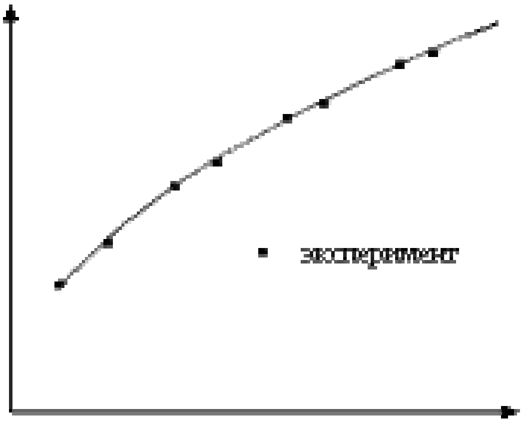
12-сүўрет. Эксперимент нәтийжелери бойынша дүзилген график

Графикте эксперименталлық нәтийжелер менен бир ўақытта теориялық есаплаўлар арқалы дүзилген иймекликте келтирилгенде, теориялық есаплаўлар нәтийжелери қәлем менен түсирилип, иймеклик сызылғаннан кейин өширип тасланады. Эксперименталлық нәтийжелер иймеклик фонында анық көринип турыўы керек (14-сүўрет).

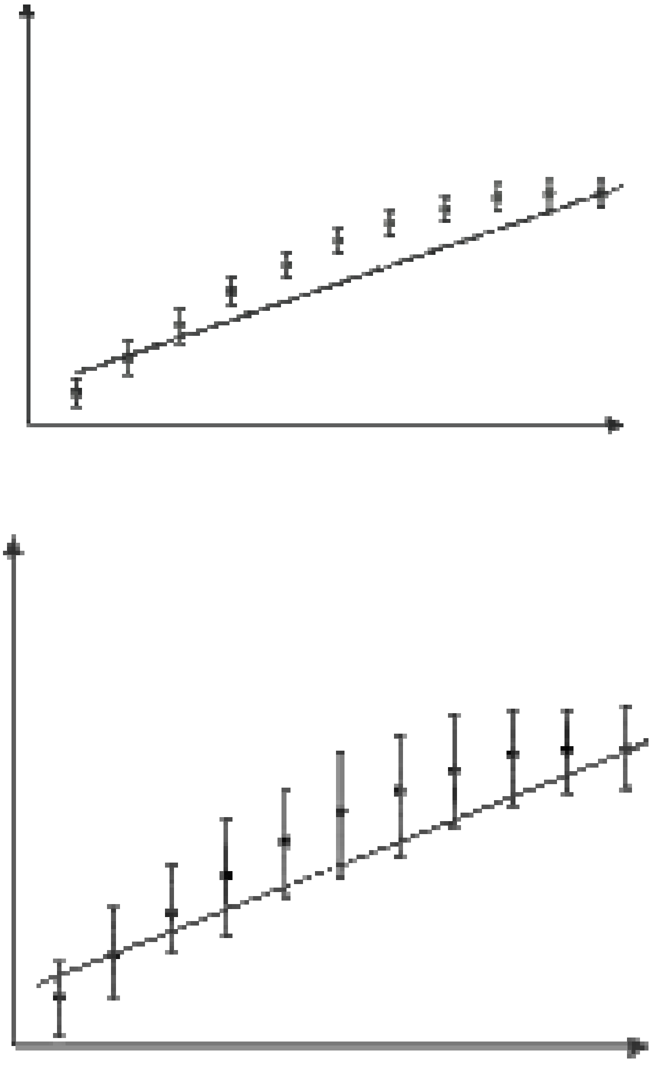


13-сүўрет. Эксперименталлық ноқатлар арқалы жүргизилген надурыс (a) ҳәм дурыс (b) иймекликлер.

Ҳәр қыйлы өлшеўлер серияларына, ямаса ҳәр қыйлы затларды өлшеўлерге сәйкес келиўши эксперименталлық мағлыўматлар ҳәр түрли белгилеўлер (шеңбер, дөңгелек, басқада боялған ҳәм боялмаған геометриялық фигуралар) арқалы бериледи. Бундай бетлестириўлер график тығызланып кетпейтуғын дәрежеге шекем жүргизилиўи керек.



14-сүўрет. Эксперименталлық ноқатлар ҳәм теориялық иймекликти бир графикте келтириў



a b

15-сүўрет. Эксперименталлық нәтийжелер қәтеликлери келтирилген графиклер.

Графикте шамалардың анықланыўы қәтелигин көрсетиў ушын эксперименталлық ноқатларға төмендеги белгилер қосылады: ┼ ямаса I

Эксперименталлық ноқат қәтеликти көрсетиўши кесинди ортасында жайласады. Бундай белгилеўлер графиктиң қурамаласыўына алып келмейтуғын, ямаса эксперименталлық ноқатлардың теориялық иймекликтен аўысыўы қәтеликке байланыслы болса қолланылады (15-сүўретлер).

15a-сүўретте қәтелик теориялық иймекликти толық ишине алады, ал 15b-сүўретте болса – ноқатлар иймекликтен сезилерли аўытқыўға ийе. Сонлықтан, кейинги жағдайда өлшеўлер қәтелиги шәртли түрде келтириледи.

§ 3.3. Лабораториялық жумыс жуўмақлары

Лабораториялық жумыс логикалық жуўмақларға ийе болыўы керек. Көпшилик студентлер жумыс жуўмағын қәлиплестириўде улыўмалық болған «бул жумыста мынандай, мынандай нәтийжелер алынды» уқсаған фразалар менен шекленеди.

Жуўмақларды қәлиплестириўде нелерге итибар бериў керек? Тийкарғы дыққат нәтийжелер анализине қаратылыўы зәрүр. Анализ төмендегише әмелге асырылады:

нәтийжелерди басқа сәйкес мағлыўматлар (егерде әдебиятларда бар болса) менен салыстырылады; теория жуўмақлары менен салыстырылады;

изертлениўши проблема алынған нәтийжелер тийкарында анализленеди.

Жуўмақта алынған нәтийжелер теория жуўмақларын исенимли түрде тастыйықлайтуғынлығы, егерде аўытқыў бар болса – оның себеплери көрсетилиўи керек.

Студент өзиниң нәтийжесин жолдаслары алған нәтийжелер менен салыстырып, сәйкес келмеўшилик бар болғанда өзиниң нәтийжелерин қәтеге есапламаўы керек. Бундай жуўмақ шығарыўдан алдын, сәйкес емеслик себебин анықлаў ушын изертлеў методикасын, есаплаў формуласын келтирип шығарыўда қолланылған айырым теориялық жуўықлаўларды, қолланылған өлшеў әспаблары дәлликлерин, басқада сыртқы факторларды қатаң анализден өткериў мақсетке муўапық. Жуўмақ проблеманы, өлшеў методикасын қосымша әдебиятлардан үренилип, жумысты бирге орынлаған студент пенен бирликте жазылған мақул. Нәтийже бойынша Сизди ойландырыўшы саўалларды оқытыўшы менен ойласыў жақсы нәтийже береди.

Жуўмақты тәриплеўде көп сөзликтен, гүмилжиликтен сақланыў керек. Жуўмақ қысқа ҳәм анық аргументленген түрде жазылыўы шәрт.

Қосымшалар

1. Берилген P ҳәм n мәнислери ушын Стьюдент коэффициенти мәнислери

n / p	0.6	0.8	0.95	0.99	0.999
2	1.376	3.078	12.706	63.657	636.61
3	1.061	1.886	4.303	9.925	31.598
4	0.978	1.638	3.182	5.841	12.941
5	0.941	1.533	2.776	4.604	8.610
6	0.920	1.476	2.571	4.032	6.859
7	0.906	1.440	2.447	3.707	5.959
8	0.896	1.415	2.365	3.499	5.405
9	0.889	1.397	2.306	3.355	5.041
10	0.883	1.383	2.262	3.250	4.781
11	0.879	1.372	2.228	3.169	4.587
12	0.876	1.363	2.201	3.106	4.437
13	0.873	1.356	2.179	3.055	4.318
14	0.870	1.350	2.160	3.012	4.221
15	0.868	1.345	2.145	2.977	4.140
16	0.866	1.341	2.131	2.947	4.073
17	0.865	1.337	2.120	2.921	4.015
18	0.863	1.333	2.110	2.898	3.965
19	0.862	1.330	2.101	2.878	3.922
20	0.861	1.328	2.093	2.861	3.883
21	0.860	1.325	2.086	2.845	3.850
22	0.859	1.323	2.080	2.831	3.819
23	0.858	1.321	2.074	2.819	3.792
24	0.858	1.319	2.069	2.807	3.767
25	0.857	1.318	2.064	2.797	3.745
26	0.856	1.316	2.060	2.787	3.725
27	0.856	1.315	2.056	2.779	3.707
28	0.855	1.314	2.052	2.771	3.690
29	0.855	1.313	2.048	2.763	3.674
30	0.854	1.311	2.045	2.756	3.659
31	0.854	1.310	2.042	2.750	3.646
40	0.851	1.303	2.021	2.704	3.551
60	0.848	1.296	2.000	2.660	3.460
120	0.845	1.289	1.980	2.617	3.373
∞	0.842	1.282	1.960	2.576	3.291

2. Берилген исенимлилик интервалы Р ушын $\Delta=\frac{\Delta x}{\sigma}$ қәтелик интервалындағы нәтийже алыў ушын керек болған өлшеўлер саны.

Δ / P	0.5	0.7	0.9	0.95	0.99	0.999
1.0	2	3	5	7	11	17
0.5	3	6	13	18	31	50
0.4	4	8	19	27	46	74
0.3	6	13	32	46	78	127
0.2	13	29	70	99	171	277
0.1	47	169	273	387	668	1089

3. Әпиўайы функционаллық байланыслар ушын қәтеликти есаплаў формулалары

N	f	Δf	$\varepsilon=\Delta f/f$	N	f	Δf	$\varepsilon=\Delta f/f$
1	$x+y$	$\Delta x+\Delta y$	$(\Delta x+\Delta y)/(x+y)$	6	$x^{1/n}$	$\Delta x/(n\cdot x^{(n-1)/n})$	$\Delta x/(nx)$
2	$x-y$	$\Delta x+\Delta y$	$(\Delta x+\Delta y)/(x-y)$	7	$\sin x$	$\cos x\cdot\Delta x$	$\mathrm{ctg}\,x\cdot\Delta x$
3	$x\cdot y$	$x\Delta y+y\Delta x$	$(\Delta x/x)+(\Delta y/y)$	8	$\cos x$	$\sin x\cdot\Delta x$	$\mathrm{tg}\,x\cdot\Delta x$
4	x/y	$(x\Delta y+y\Delta x)/y^2$	$(\Delta x/x)+(\Delta y/y)$	9	$\mathrm{tg}\,x$	$\Delta x/\cos^2 x$	$2\Delta x/\sin 2x$
5	x^n	$nx^{n-1}\cdot\Delta x$	$n\Delta x/x$	10	$\lg x$	$0.434\Delta x/x$	$0.434\Delta x/(x\cdot\lg x)$

Әдебиятлар

1. Кондрашов А.П., Шестопалов Е.В. Основы физического эксперимента и математическая обработка результатов измерений. – М.: Атомиздат, 1977.
2. Кассандрова О.Н., Лебедев В.В. Обработка результатов наблюдений. – М.: Наука, 1970.
3. Сквайрс Дж. Практическая физика. – М.: Мир, 1971.
4. Яковлев Г.П., Алексеева З.З., Сушкевич А.А. Введение в статистические методы обработки результатов наблюдений. – Челябинск: ЧПИ, 1979.
5. Трофимов В.Г., Белозеров Б.П. Некоторые способы математической обработки экспериментальных результатов, – Челябинск: ЧелГУ, 1978.
6. Руководство к лабораторным занятиям по физике /Под ред. Л.Л.Гольдина. – М.: Наука, 1973.
7. Физический практикум /Под ред. В.И.Ивероновой. – М.: Наука, 1967.
8. Торбеев С.А. Лабораторные занятия по физике. – Миасс: ЧПИ, 1977.
9. Методы физических измерений /Под ред. Р.И.Солоухина. – Новосибирск: Наука, 1975.
10. Майсова Н.Н. Практикум по курсу общей физики.– М: Высшая школа, 1970.
11. Артемьев Б.Г., Голубев С.М. Справочное пособие для работников метрологических служб.– М: Изд–во стандартов, 1982.
12. Деденко Л. Г., Керженцев В. В. Математическая обработка и оформление результатов эксперимента. М.: Изд–во МГУ, 1977.
13. Зайдель А. Н. Ошибки измерения физических величин. Л.: Наука, 1974.
14. Соловьев В. А., Яхонтова В. Е. Элементарные методы обработки результатов измерений. Л.: Изд–во ЛГУ, 1977.

М А З М У Н Ы

Бердақ атындағы
Қарақалпақ Мәмлекетлик университети баспаханасы
Өзбекстан Республикасы баспа сөз комитети лицензиясы
«11-666 6-февраль 2007-жыл

Көлеми 3 баспа табақ
Буйыртпа 186, тиражы 100

Офсет усылында RISO 3105 машинасында басылды