

Г. А. Забароўскі,
Я. С. Кудзін,
У. А. Якавенка

МЕТАДЫ АПРАЦОЎКІ ВЫНІКАЎ ВЫМЯРЭННЯЎ



Міністэрства адукацыі Рэспублікі Беларусь

Беларускі дзяржаўны педагагічны ўніверсітэт
імя Максіма Танка

Г. А. Забароўскі, Я. С. Кудзін, У. А. Якавенка

**МЕТАДЫ АПРАЦОУКІ
ВЫНІКАЎ ВЫМЯРЭННЯЎ**

Вучэбна-метадычны дапаможнік

Мінск 2001

УДК 531.7(075.8)
ББК 30.10я73
312

Друкуецца па рашэнні рэдакцыйна-выдавецкага савета
БДПУ імя М. Танка

Рэцэнзент К. І. Рудзік, кандыдат фізіка-матэматычных навук, дацэнт

312 **Забароўскі Г. А., Кудзін Я. С., Якавенка У.А.**
Метады апрацоўкі вынікаў вымярэнняў: Вучэб.-метад. дапам. —
Мн.: БДПУ імя М. Танка, 2001. — 82 с.

ISBN 985-435-357-5

У дапаможніку змяшчаюцца метадычныя рэкамендацыі па метадах
апрацоўкі рэзультатаў эксперыменту ў вучэбнай фізічнай лабараторыі.

Прызначаецца студэнтам фізіка-матэматычных спецыяльнасцей вышэй-
шых навучальных устаноў, настаўнікам фізікі агульнаадукацыйных школ.

ББК 30.10я73

ISBN 985-435-357-5

© Калектыў аўтараў, 2001

Уводзіны

Вымяральныя ўменні з'яўляюцца важным элементам прафесійнай падрыхтоўкі настаўніка фізікі. Курс “Метады апрацоўкі вынікаў вымярэнняў” мае мэтай развіццё вымяральных уменняў і знаёмства з сучаснымі метадамі апрацоўкі эксперыментальных рэзультатаў. Курс папярэднічае вывучэнню фізікі і прызваны падрыхтаваць студэнтаў да выканання лабараторных работ па фізіка-тэхнічных дысцыплінах.

Большасць дапаможнікаў па апрацоўцы рэзультатаў вымярэнняў разлічана на навуковых супрацоўнікаў і патрабуе даволі высокага ўзроўню матэматычнай падрыхтоўкі.

Дадзеныя метадычныя рэкамендацыі прызначаны студэнтам педагагічных ВНУ, і гэтым вызначаецца адбор і характар выкладання матэрыялу. Паслядоўна разгледжаны віды хібнасцей вымярэнняў і іх прычыны, віды ацэнак хібнасцей і сувязі паміж імі, прыведзены правілы прыблізных вылічэнняў, спосабы акруглення і запісу рэзультатаў. Падрабязна апісаны метады апрацоўкі рэзультатаў прамых і сумесных вымярэнняў: статыстычны метад ацэнкі выпадковых хібнасцей і ўстаранення промахаў, метад граніц хібнасцей (дыферэнцыяльны), графічны метад, метад найменшых квадратаў. У заключэнні дадзены алгарытмы апрацоўкі, а таксама алгарытмы выканання некаторых разлікаў з выкарыстаннем ЭВМ і мікракалькулятара. Некаторыя правілы і метады, прыведзеныя ў метадычных рэкамендацыях, у спрошчаным выглядзе можна рэкамендаваць і для вучняў школы.

Трэба заўважыць, што тэрміналогія, якая выкарыстоўваецца ў дапаможніках па тэорыі хібнасцей, даволі складаная і заблытаная. Мы ў асноўным кіруемся апошнімі стандартамі [1—4], пры гэтым лічым дастатковым для паўсядзённай практыкі абмежавацца неабходным мінімумам паняццяў: стандартнае адхіленне сярэдняга арыфметычнага, лімітная хібнасць, давяральная хібнасць для дадзенай давяральнай імавернасці, надзейнасць рэзультата. Апошнім часам у многіх фізічных практыкумах і вучэбных дапаможніках без належных падстаў зроблены крэн у бок выпадковых хібнасцей, прычым часцей за ўсе дапускаецца відавочным нармальны закон іх размеркавання. Пры гэтым ацэнкі робяцца ў лепшым выпадку па Ст'юдэнту, а часта і проста сумаваннем квадратаў усіх хібнасцей без уліку іх прыроды, характару паўтаральнасці, ліку вымярэнняў, імавернасці.

Мы лічым, што ў вучэбных лабараторыях, асабліва на пачатковым этапе, варта выкарыстоўваць і лімітную форму ацэнкі як найбольш простую, тым больш, што ў такой форме ацэньваюць сістэматычныя хібнасці. У многіх вымярэннях, якія выконваюцца дастаткова "грубымі" прыборамі, выпадковыя хібнасці малыя і прымяненне статыстычных метадаў пры гэтым не мае сэнсу.

Правамернасць выбару той ці іншай ацэнкі хібнасцей вымярэнняў вызначаецца для кожнага канкрэтнага эксперыменту і выкарыстоўваемых сродкаў вымярэнняў. Напрыклад, лімітная ацэнка апраўдана пры электрычных вымярэннях з дапамогай стрэлачных прыбораў невысокага класа, пры вызначэнні масы цел на тэхнічных вагах, вымярэнні лінейных памераў лінейкай і г. д. З другога боку, у тых вымярэннях, дзе пераважаюць выпадковыя хібнасці, толькі прымяненне статыстычных метадаў дае надзейныя вынікі, напрыклад пры вызначэнні скорасці гуку па часе сутыкнення стрыжняў.

Разам з тым выпадковыя хібнасці падпарадкоўваюцца розным законам размеркавання, у прыватнасці хібнасці адліку задавальняюць раўнамернаму закону. Менавіта таму для ацэнкі хібнасцей з адвольным законам размеркавання, а таксама ў выпадку сумавання хібнасцей рознага тыпу больш апраўдана выкарыстанне няроўнасці Чэбышава.

Хібнасці ўскосных вымярэнняў рэкамендуецца ацэньваць у лімітнай форме — метадам граніц хібнасцей (дыферэнцыяльным), калі рэзультаты прамых вымярэнняў, якія ўваходзяць у разліковыя формулы, маюць лімітныя ацэнкі. Імавернасныя ацэнкі ў агульным выпадку трэба даваць на аснове няроўнасці Чэбышава, а сумаванне квадратаў хібнасцей дапусціма пры роўнаімаверных вымярэннях.

Аўтары ўдзячны ўсім супрацоўнікам фізічнага факультэта, хто ў розныя часы прымаў удзел у складанні, апрацацы і перакладзе на беларускую мову першага выдання дапаможніка: Ю. А. Быкадораву, В. К. Панамарэнку, С. М. Пастушонак.

Літаратура

1. Метрологія. Тэрміны і абозначэння. ГОСТ 16263-70-М.: Изд-во стандартов, 1978. — 53 с.
2. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров нормального распределения. ГОСТ П.004-74. М.: Изд-во стандартов, 1974. — 29 с.
3. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров экспоненциального распределения и распределения Пуассона. ГОСТ П.005-74. М.: Изд-во стандартов, 1974. — 29 с.
4. ГОСТ 8.417-81 (СТ СЭВ 1052-78). Единицы физических величин. М.: Изд-во стандартов, 1981.
5. *Зайдель А. Н.* Погрешности измерений физических величин. Л.: Наука, 1985. — 112 с.
6. *Соловьев В. А., Яхонтова В. Е.* Элементарные методы обработки результатов измерений. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1977. — 72 с.
7. *Долинский Е. Ф.* Обработка результатов измерений. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во стандартов, 1973. — 192 с.
8. *Деденко Л. Г., Керженцев В. В.* Математическая обработка и оформление результатов эксперимента. — М.: Изд-во МГУ, 1977. — 112 с.
9. *Кассандрова О. Н., Лебедев В. В.* Обработка результатов наблюдений. — М.: Наука, 1970. — 104 с.
10. *Демкович В. Н., Прайсман Н. Я.* Приближенные вычисления в школьном курсе физики: Книга для учителя. — 2-е изд., перераб. — М.: Просвещение, 1983. — 112 с.
11. *Фетисов В. А.* Оценка точности измерения в курсе физики средней школы: Пособие для учителя. — М.: Просвещение, 1974. — 96 с.
12. *Тюрин Ю. Н., Макаров А. А.* Анализ данных на компьютере. — М.: Финансы и статистика, 1995. — 384 с.
13. *Эльясберг П. Е.* Измерительная информация: сколько ее нужно? Как ее обрабатывать? — М.: Наука, 1983. — 208 с.
14. *Сквайрс Дж.* Практическая физика. — М.: Мир, 1972. — 248 с.
15. *Бронштейн И. Н., Семендяев К. А.* Справочник по математике: Для инженеров и учащихся втузов. — М.: Наука, 1981. — 720 с.
16. *Кембровский Г. С.* Приближенные вычисления, методы обработки результатов измерений и оценки погрешностей в физике: Метод. пособие для учителей физики сред. учеб. заведений — 2-е изд., дораб. — Мн.: ООО “Оракул”, 1997. — 207 с.: ил.

УВОДЗІНЫ	3
1. ВЫМЯРЭННІ І ХІБНАСЦІ ВЫМЯРЭННЯЎ	5
1.1. Віды вымярэнняў	5
1.2. Хібнасці вымярэнняў і іх прычыны	7
1.3. Сістэматычныя і выпадковыя хібнасці	9
1.4. Мэты і задачы вымярэнняў	11
1.5. Віды ацэнак хібнасцей	12
1.6. Сувязі паміж ацэнкамі розных відаў	18
1.7. Запіс рэзультатаў вымярэнняў з ацэнкай хібнасці	19
2. ПАДРЫХОЎКА ЗЫХОДНЫХ ДАНЫХ ДА МАТЭМАТЫЧНАЙ АПРАЦОЎКІ РЭЗУЛЬТАТАЎ ВЫМЯРЭННЯЎ	21
2.1. Састаў зыходных даных	21
2.2. Ацэнка хібнасці адлжку	22
2.3. Ацэнка інструментальных хібнасцей	23
2.4. Поўны ўлік сістэматычных хібнасцей	26
3. АСНОЎНЫЯ ПРАВЛЫ ВЫЛІЧЭННЯЎ	27
3.1. Дакладныя і прыблізныя лікі	27
3.2. Формы запісу прыблізных лікаў	27
3.3. Акругленне	30
3.4. Запіс рэзультатаў	31
3.5. Прыблізныя вылічэнні без выкарыстання вылічальнай тэхнікі	31
3.6. Прыблізныя вылічэнні з выкарыстаннем мікракалькулятараў	33
4. МЕТАДЫ АПРАЦОЎКІ РЭЗУЛЬТАТАЎ ПРАМЫХ ВЫМЯРЭННЯЎ	35
4.1. Ацэнка рэзультатаў	35
4.2. Ацэнка хібнасцей	35
4.3. Устараненне промахаў	38
5. МЕТАДЫ АПРАЦОЎКІ РЭЗУЛЬТАТАЎ УСКОСНЫХ ВЫМЯРЭННЯЎ	39
5.1. Агульная характарыстыка	39
5.2. Метад граніц	39
5.3. Метад граніц хібнасцей (дыферэнцыяльны)	41
5.4. Статыстычны метады	42
6. МЕТАДЫ АПРАЦОЎКІ РЭЗУЛЬТАТАЎ СУМЕСНЫХ ВЫМЯРЭННЯЎ	44
6.1. Графічны метады	44
6.2. Метады найменшых квадратаў	48
7. АЛГАРЫТМЫ МАТЭМАТЫЧНАЙ АПРАЦОЎКІ РЭЗУЛЬТАТАЎ ВЫМЯРЭННЯЎ	52
7.1. Прамыя вымярэнні	52
7.2. Ускосныя вымярэнні	53
7.3. Сумесныя вымярэнні	54
8. РЕКАМЕНДАЦЫ ПА ПРЫМЯНЕННІ ВЫЛІЧАЛЬНАЙ ТЭХНІКІ	56
8.1. Калькулятар	56
8.2. Электронныя табліцы MICROSOFT EXCEL	57
ЛІТАРАТУРА	79
ДАДАТАК	80