

У. А. Якавенка  
Г. А. Забароўскі  
А. В. Раўкоў

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

**КУРС  
АГУЛЬнай  
ФІЗІКІ**

**МЕХАНІКА**

У. А. Якавенка  
Г. А. Забароўскі  
А. В. Раўкоў

# КУРС АГУЛЬнай ФІЗІКІ

## МЕХАНІКА

ПАД АГУЛЬнай РЭДАКЦЫЯЙ  
У.А. ЯКАВЕНКІ

ДАПУШЧАНА  
МІНІСТЭРСТВАМ АДУКАЦЫІ РЭСПУБЛІКІ  
БЕЛАРУСЬ У ЯКАСЦІ ВУЧЭБНАГА  
ДАПАМОЖНІКА ДЛЯ СТУДЭНТАЎ  
ПЕДАГАГІЧНЫХ ВНУ

Мінск  
„Вышэйшая школа”  
1993

ББК 22.3я73  
Я47  
УДК 53/075.8/

Рецензенты: кафедра агульнай фізікі БДУ; кандыдат фізіка-матэматычных навук,  
прафесар Я. Я. Сянько

Якавенка У. А. і інш.

Я47 Курс агульнай фізікі: Механіка: Вучэб. дапам. / У. А. Якавенка, Г. А. Забароўскі, А. В. Раўкоў; Пад агул. рэд. У. А. Якавенкі. — Мн.: Выш. шк., 1993. — 260 с.: іл.

ISBN 5-339-00837-1.

Дапаможнік цалкам ахоплівае кола пытанняў, якія ўваходзяць у праграму для фізічных спецыяльнасцей педагагічных вышэйшых навучальных устаноў. Даволі шчыра выкладзены прынцыповыя пытанні эксперыментальнай фізікі. Разам з тым асобныя раздзелы дынамікі, вагальнага і хвалевага рухаў разглядаюцца больш грунтоўна, чым звычайна прынята.

Для студэнтаў педагагічных вышэйшых навучальных устаноў, а таксама для настаўнікаў сярэдніх школ.

Я 1604010000 — 080 15—93  
М304(03) — 93

ББК 22.3я73+22.2я73

ISBN 5-339-00837-1

© У.А.Якавенка, Г.А.Забароўскі,  
А.В.Раўкоў, 1993

## ПРАДМОВА

Дадзены вучэбны дапаможнік у аснове сваёй змяшчае курс, які на працягу многіх гадоў чытаўся аўтарамі ў Беларускам дзяржаўным педагагічным універсітэце.

Курс агульнай фізікі пабудаваны так, каб атрыманьня пры яго вывучэнні веды можна было выкарыстоўваць у працэсе выкладання фізікі ў сярэдняй школе. За апошні час навуковы ўзровень выкладання фізікі ў школе значна ўзрос і наблізіўся да сучаснага стану навукі. У сувязі з гэтым выкладанне курса агульнай фізікі ў педінстытуце павінна будавацца так, каб не паўтараць школьнага курса, а даваць магчымасць студэнту глыбей пранікнуць у сутнасць фізічных з'яў, авалодаць ідэямі і метадамі фізічнай навукі, падрыхтаваць студэнтаў да разумення раздзелаў тэарэтычнай фізікі. Методыка выкладання ўдасканальвалася ў працэсе лекцый, практычных і лабараторных заняткаў, залікаў, экзаменаў, індывідуальнай работы са студэнтамі. Аўтары ставілі перад сабой задачу даволі каратка выкласці асноўныя пытанні эксперыментальнай фізікі, імкнуліся па магчымасці ўвесці ў тэкст новыя звесткі фізічнай навукі.

У прапануемым курсе агульнай фізікі сістэматычна выкладаюцца фізічныя асновы класічнай механікі. Поруч з гэтым вельмі каратка даюцца некаторыя першапачатковыя ўяўленні аб ідэях тэорыі рэлятывінасці і квантавай механікі. Аўтары хацелі паказаць, што асновай рашэння ўсіх задач у класічнай механіцы з'яўляецца адзіны метад, які апіраецца на законы дынамікі і іх высновы.

Аўтары выказваюць шчырую падзяку калектыву кафедры агульнай фізікі Белдзяржуніверсітэта і яе загадчыку прафесару В.У.Грузінскаму, прафесару кафедры агульнай фізікі Магілёўскага педінстытута Я. Я. Сянько, якія ўзялі на сябе працу па рэцэнзаванні рукапісу; прафесару М. С. Цэдрыку, які быў ініцыятарам выдання дадзенага курса і аказаў вялікую дапамогу ў падрыхтоўцы рукапісу да друку, а таксама ўсім, хто сваімі заўвагамі садзейнічаў паляпшэнню зместу кнігі.

Заўвагі і прапановы просім дасылаць на адрас: 220048, Мінск, праспект Машэрава, 11, выдавецтва «Вышэйшая школа».

*Аўтары*

## ЗМЕСТ

Прадмова	3
Уводзіны	4
<b>1. КІНЕМАТЫКА МАТЭРЫЯЛЬНАГА ПУНКТА</b>	<b>7</b>
1.1. Вектар перамяшчэння. Шлях. Траекторыя	7
1.2. Скорасць	10
1.3. Паскарэнне	13
1.4. Законы раўнамернага і роўнапераменнага рухаў	17
1.5. Рух пункта па акружнасці	23
<b>2. ДЫНАМІКА МАТЭРЫЯЛЬНАГА ПУНКТА</b>	<b>28</b>
2.1. Узаемадзеянне цел. Сіла	28
2.2. Першы закон Ньютана. Інерцыя	30
2.3. Другі закон Ньютана. Маса цела	32
2.4. Імпульс. Агульная форма другога закону дынамікі	34
2.5. Захаванне і змяненне імпульсу	35
2.6. Трэці закон Ньютана	37
2.7. Адзінкі вымярэння і размернасці фізічных велічынь. Міжнародная сістэма адзінак	38
<b>3. ДЫНАМІКА МЕХАНІЧНЫХ СІСТЭМ</b>	<b>43</b>
3.1. Цэнтр мас і цэнтр цяжару механічнай сістэмы	43
3.2. Імпульс механічнай сістэмы. Закон захавання імпульсу	45
3.3. Рух цела пераменнай масы	49
3.4. Рух ракет. Формула Цыялкоўскага	51
<b>4. РАБОТА І ЭНЕРГІЯ</b>	<b>53</b>
4.1. Работа сілы. Магутнасць	53
4.2. Кінетычная і патэнцыяльная энергія	55
4.3. Закон захавання механічнай энергія	59
4.4. Прымяненне законаў захавання імпульсу і энергія пры аналізе ўдару	61
<b>5. ІНЕРЦЫЯЛЬНЫЯ СІСТЭМЫ АДЛІКУ. ЭЛЕМЕНТЫ СПЕЦЫЯЛЬНАЙ ТЭОРЫ РЭЛЯТЫЎНАСЦІ</b>	<b>67</b>
5.1. Інерцыяльныя сістэмы. Прынцып рэлятыўнасці Галілея	67
5.2. Межы прымянення класічнай механікі	71
5.3. Пастулаты Эйнштэйна. Пераўтварэнні Лорэнца	72
5.4. Высновы з пераўтварэнняў Лорэнца. Элементы рэлятывісцкай механікі	74
<b>6. ДЫНАМІКА ЦВЁРДАГА ЦЕЛА</b>	<b>77</b>
6.1. Паступальны рух абсалютна цвёрдага цела	77
6.2. Вярчальны рух	78
6.3. Момент сілы. Пара сіл	80
6.4. Раўнанне дынамікі вярчальнага руху цела	85
6.5. Момент імпульсу. Раўнанне момантаў	87
6.6. Закон захавання моманту імпульсу	90
6.7. Падлік моманту інерцыя цел	92
6.8. Тэарэма Штэйнера—Гюйгенса	94
6.9. Кінетычная энергія пры вярчэнні цела	95
6.10. Свабодныя восі	98
6.11. Праскоп	100

6.12. Умовы раўнавагі цвёрдага цела. Віды раўнавагі	105
<b>7. СІЛЫ ў МЕХАΝІЦЫ</b>	107
7.1. Гравітацыйныя сілы	107
7.2. Гравітацыйнае поле	109
7.3. Гравітацыйная і інертная маса цел	112
7.4. Законы Кеплера	113
7.5. Рух цел у гравітацыйным полі. Касмічныя скорасці	116
7.6. Бязважкасць і перагрузкі	119
7.7. Сілы пружкасці	121
7.8. Дыяграма напружанняў. Пругкае паслядзеянне	124
7.9. Пругкі гістэрэзіс. Энергія пружкай дэфармацыі	126
7.10. Сілы трэння	128
7.11. Трэнне качэння	132
<b>8. НЕІНЕРЦЫЯЛЬНЫЯ СІСТЭМЫ АДЛІКУ</b>	135
8.1. Сілы інерцыі ў неінерцыяльнай сістэме адліку, якая рухаецца паступальна	135
8.2. Сістэма адліку, якая раўнамерна верціцца. Цэнтрабежная сіла інерцыі	137
8.3. Сіла Карыаліса	140
<b>9. МЕХАΝІКА ВАДКАСЦЕЙ І ГАЗАЎ</b>	145
9.1. Агульныя механічныя ўласцівасці вадкасцей і газаў	145
9.2. Стацыянарнае цячэнне вадкасці. Раўнанне непарывнасці струменя	148
9.3. Раўнанне Бернулі	149
9.4. Цячэнне вязкай вадкасці	154
9.5. Рух цел у вадкасцях і газах	157
<b>10. ВАГАЛЬНЫ РУХ</b>	164
10.1. Гарманічны ваганні	164
10.2. Характарыстыкі гарманічнага вагальнага руху	166
10.3. Ваганні сістэмы пад дзеяннем пругкіх і квазіпружкіх сіл	169
10.4. Энергія вагальнага руху	173
10.5. Складанне ваганняў аднолькавага напрамку	175
10.6. Складанне ўзаемна перпендыкулярных ваганняў	180
10.7. Затухальныя ваганні	184
10.8. Вымушаныя ваганні	188
10.9. Рэзананс. Добротнасць вагальнай сістэмы	191
10.10. Ваганні ў нелінейных сістэмах	194
10.11. Ваганні звязаных сістэм	197
<b>11. ХВАЛЕВЫ РУХ</b>	201
11.1. Утварэнне і распаўсюджванне хваль у пругкім асяроддзі	201
11.2. Раўнанне плоскай бягучай хвалі	204
11.3. Скорасць распаўсюджвання хваль	207
11.4. Фазавая і групавая скорасці хваль	210
11.5. Энергія хвалевага руху	212
11.6. Прынцыпы Гюйгенса і Гюйгенса—Фрэнеля. Закон адбіцця і праламлення	215
валь. Дыфракцыя	215
11.7. Інтэрферэнцыя хваль	218
11.8. Стаячыя хвалі. Раўнанне стаячай хвалі	220
11.9. Кінетычная і патэнцыяльная энергіі стаячай хвалі	224
11.10. Хвалі ў абмежаваным аб'ёме асяроддзя	226
<b>12. АКУСТЫКА</b>	229
12.1. Хвалевае прырода гуку	229
12.2. Крыніцы гуку	231
12.3. Скорасць гуку	234
12.4. Распаўсюджванне гуку	237
12.5. Архітэктурная акустыка	240

12.6. Акустычны рэзананс. Аналіз гукаў . . . . .	241
12.7. Характарыстыкі гукавога поля. Аб'ектыўныя характарыстыкі гуку . . . . .	243
12.8. Суб'ектыўныя характарыстыкі гуку . . . . .	246
12.9. Адбіццё і паглыннанне гукавых хваль . . . . .	248
12.10. Эфект Доплера . . . . .	251
12.11. Прымяненне ультрагуку . . . . .	253
12.12. Інфрагук . . . . .	257
Л і т а р а т у р а . . . . .	259

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ