

ЗМІСТ

ЧАС І ПРОСТІР СТЕФАНА БАНАХА У ЛЬВІВСЬКІЙ ПОЛІТЕХНІЦІ	XIII
ПЕРЕДМОВА	XVI
Розділ I. ТЕОРІЯ ВЕКТОРІВ	1
I. Дії над векторами	1
§1. Початкові означення	1
§2. Компоненти векторів	2
§3. Сума та різниця векторів	3
§4. Добуток вектора на число	4
§5. Компоненти суми і добутку	5
§6. Розклад вектора	6
§7. Скалярний добуток. Дистрибутивний закон. Асоціативний закон. Квадрат вектора. Аналітичне представлення скалярного добутку	7
§8. Векторний добуток. Зміна порядку співмножників. Асоціативний закон. Дистрибутивний закон стосовно суми. Компоненти векторного добутку	10
§9. Добуток декількох векторів	13
§10. Векторні функції. Границя. Неперервність. Похідна. Векторні функції багатьох змінних	14
§11. Момент вектора. Момент вектора відносно точки. Момент як векторний добуток. Момент суми векторів зі спільним початком. Компоненти моменту. Момент вектора відносно прямої	16
II. Системи векторів	19
§12. Головний момент системи векторів	19
§13. Параметр	21
§14. Еквівалентні системи. Системи, еквівалентні нулю. Системи трьох векторів, еквівалентних нулю	23
§15. Пара векторів	25
§16. Редукція системи векторів. Теорема про редукцію. Таблиця	25
§17. Центральна вісь. Гвинтова пара	28
§18. Центр паралельних векторів	29
§19. Елементарні перетворення системи	31

Розділ II. КІНЕМАТИКА ТОЧКИ	35
I. Рух відносно системи відліку.....	35
§1. Час	35
§2. Система відліку.....	35
§3. Рух точки.....	36
§4. Графік руху	37
§5. Швидкість. Швидкість як похідна шляху.....	37
§6. Прискорення. Прямолінійний рівномірний рух. Годограф	39
§7. Розклад прискорення на дотичне та нормальне. Рух по плоскій траєкторії. Рух по просторовій траєкторії. Рівномірний рух. Рівномірно прискорений рух. Рух по циклоїді	42
§8. Кутові швидкість та прискорення. Вектор кутової швидкості	48
§9. Плоский рух у полярній системі.....	50
§10. Секторна швидкість.....	51
§11. Вимірювання кінематичних величин. Загальне означення розмірності. Визначення розмірності	52
II. Зміна системи відліку.....	57
§12. Зв'язок між координатами. Рух по гвинтовій лінії	57
§13. Зв'язок між швидкостями	60
§14. Зв'язок між прискореннями. Прискорення Кориоліса	63
§15. Визначення відносного руху. Рух відносно точки.....	69
РОЗДІЛ III. ДИНАМІКА МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ	75
I. Динаміка вільної точки.....	75
§1. Фундаментальні поняття динаміки. Інерційна система. Абсолютний час. Маса і сила. Матеріальна точка.....	75
§2. Закони динаміки Ньютона. Закони руху. Рівновага точки та сил. Сила інерції. Принцип д'Аламбера.....	77
§3. Системи динамічних величин. Фізична система СГС. Вимірювання мас і сил. Система технічних одиниць. Вимірювання динамічних величин	80
§4. Рівняння руху.....	83
§5. Рух під дією сили гравітації. Вертикальний рух. Рух під кутом до горизонту	86
§6. Рух у середовищах, що чинять опір. Вертикальний рух. Рух під кутом до горизонту.....	89
§7. Момент імпульсу. Принцип збереження секторної площі	90
§8. Центральний рух. Формула Біне	92

§9. Рух планет. Закони Кеплера. Висновки із законів Кеплера. Загальний закон гравітації. Маса Землі. Рівняння Кеплера.....	94
§10. Робота. Постійна сила. Змінна сила. Робота суми сил. Розмірність та одиниці роботи.....	99
§11. Поле потенціальних сил. Напруженість поля. Силові лінії. Означення потенціального поля. Потенціал. Розмірність потенціалу. Зв'язок між силою та потенціалом. Потенціальні поверхні.....	104
§12. Приклади потенціальних полів. Стале поле. Центральне поле. Ньютонівське гравітаційне поле. Аксіальне поле. Сума потенціальних полів.....	108
§13. Кінетична та потенціальна енергія.....	112
§14. Рух точки, що притягується нерухомою масою. Рух по кривих другого порядку. Рух по прямій лінії.....	114
§15. Гармонічний рух. Простий гармонічний рух. Таблиця положення, швидкості та прискорення точки. Плоский гармонічний рух. Загасаючий гармонічний рух. Вимушений гармонічний рух. Криві Ліссажу.....	119
§16. Умови рівноваги в полі сил. Стійка рівновага. Теорема Дирихле.....	128
II. Динаміка точки з в'язями.....	131
§17. Рівняння руху. Реакція. Рівняння руху. Кінетична енергія.....	131
§18. Рух точки із в'язями по кривій. Рух по плоскій кривій. Рух по просторовій кривій. Рух важкої точки із в'язями.....	133
§19. Рух зв'язаної точки по поверхні.....	137
§20. Математичний маятник.....	139
§21. Рівновага точки із в'язями. Стійка рівновага. Рівновага в потенціальному полі.....	141
III. Динаміка відносного руху.....	145
§22. Закони руху.....	145
§23. Приклади руху. Поступальний рух системи. Обертальний рух системи.....	147
§24. Відносна рівновага. Відносна рівновага у системі, що переміщується поступальним рухом.....	151
§25. Рух відносно Землі. Сила тяжіння. Величина та напрямок притягання Землі. Сила Коріоліса. Відхилення на схід під час падіння. Маятник Фуко.....	155

VIII

РОЗДІЛ IV. ГЕОМЕТРІЯ МАС.....	163
I. Системи точок.....	163
§1. Статичні моменти. Статичний момент точки. Статичний момент системи точок.....	163
§2. Центр мас. Центр мас двох систем точок. Плоска система точок. Лінійна система точок. Центр мас двох точок. Системи симетричних точок.....	164
§3. Моменти другого порядку. Момент інерції. Відцентровий момент. Плече інерції. Редукована маса. Моменти інерції відносно паралельних прямих. Відцентровий момент інерції відносно паралельних площин.	169
§4. Еліпсоїд інерції. Головні осі інерції. Визначення головних осей інерції.....	174
§5. Квадратичні моменти плоскої системи.....	180
II. Матеріальні тіла, поверхні та лінії.....	181
§6. Густина. Обчислення маси. Матеріальна поверхня, матеріальна лінія.....	181
§7. Статичні моменти та моменти інерції. Центр мас. Геометричні тіла, поверхні та лінії. Правила Гюльдена. Моменти інерції та відцентрові моменти	183
§8. Центри ваги деяких ліній, поверхонь та тіл. Ламана лінія. Дуга кола. Трикутник. Трапеція. Багатокутник. Сектор круга. Сегмент кола. Призма. Циліндр. Піраміда. Конус.....	190
§9. Моменти інерції деяких ліній, поверхонь та тіл. Відрізок. Прямокутник. Квадрат. Трапеція. Трикутник. Паралелограм. Прямокутний паралелепіпед. Коло. Круг. Сфера. Куля. Циліндр обертання. Конус обертання.....	194
РОЗДІЛ V. СИСТЕМИ МАТЕРІАЛЬНИХ ТОЧОК.....	203
§1. Рівняння руху. Вільні системи. Внутрішні та зовнішні сили. Рівновага системи точок. Принцип д'Аламбера. Системи з в'язями. Жорсткі системи	203
§2. Рух центра мас. Кінематичні властивості центра мас. Рівнодійна сил тяжіння. Динамічні властивості центра мас	211
§3. Момент імпульсу. Кутовий момент відносно точки. Кутовий момент поступального руху. Кутовий момент у разі руху відносно центра маси. Кутовий момент відносно осі. Динамічні властивості кутового моменту. Рух у полі сил тяжіння. Обертання системи відносно осі. Кутовий момент відносного руху	216

§4. Робота та потенціал системи точок. Робота. Робота дорівнює нулю. Потенціал системи. Потенціал сили тяжіння. Потенціал внутрішніх сил	227
§5. Кінетична енергія системи точок. Кінетична енергія поступального руху. Кінетична енергія обертального руху навколо осі. Теорема Кьоніга. Принцип еквівалентності роботи і кінетичної енергії. Кінетична енергія відносного руху	233
§6. Задача двох тіл	242
§7. Задача n тіл. Задача трьох тіл.....	245
§8. Рух тіл змінної маси	249
РОЗДІЛ VI. СТАТИКА ТВЕРДОГО ТІЛА	253
I. Вільне тіло	253
§1. Тверде тіло. Системи жорстких матеріальних точок	253
§2. Сила. Точка прикладання сили. Момент відносно точки. Момент сили відносно осі. Рівновага сил	254
§3. Гіпотези рівноваги сил.	257
§4. Перетворення системи сил. Зміна точки прикладання сили. Правило складання і розкладання сил. Еквівалентні системи. Пара сил. Редукція системи сил. Система планарних сил. Система паралельних сил. Сили тяжіння. Системи пар.....	257
§5. Умови рівноваги сил. Аналітичне вираження умови рівноваги сил. Система плоских сил.....	267
§6. Графостатика. Шнуровий багатокутник. Додавання сил. Багатокутник сил. Рівнодійна частини системи	272
§7. Деякі застосування шнурового багатокутника. Визначення реакції в точках опори балки. Визначення моменту сил. Визначення центра ваги та статичного моменту плоских фігур	277
II. Тіло із в'язями	282
§8. Умови рівноваги	282
§9. Реакція тіл, що контактують. Нормальна та дотична реакції. Опори. Центр тисків. Реакція нитки.....	283
§10. Тертя	293
§11. Умови рівноваги, що не містять реакцій. Тіло з нерухомою точкою. Тіло з нерухомою віссю. Планарний рух тіла. Важіль. Визначення реакції сил, які діють на нерухому вісь	296
§12. Рівновага важких підпертих тіл. Тіло, підперте у двох точках. Тіло, підперте в $n > 2$ точках.	305
§13. Внутрішні сили	311

III. Системи тіл 314

- §14. Умови рівноваги 314
- §15. Система стрижнів. Напруження у стрижнях.
Шарнірне з'єднання. Системи стрижнів. Десяткова вага..... 316
- §16. Гратниці. Плоска гратниця. Визначення напружень у гратниці
(за допомогою аналітичного методу). Визначення напружень
у гратниці (за допомогою діаграми сил). Визначення напружень
за допомогою перерізів 323
- §17. Рівновага важких мотузок. Ланцюг. Мотузка.
Навантажена мотузка 331

РОЗДІЛ VII. КІНЕМАТИКА ТВЕРДОГО ТІЛА 337

- §1. **Переміщення і обертання тіла навколо осі.** Паралельні
переміщення чи трансляції. Обертання навколо осі..... 337
- §2. **Переміщення точок тіла під час планарного руху.** Обертання
навколо точки. Перша теорема Ейлера. Планарний рух тіла..... 340
- §3. **Переміщення точок тіла.** Поворот навколо точки тіла.
Друга теорема Ейлера. Теорема Шаля. Кручення..... 343
- §4. **Поступальний рух та обертальний рух навколо осі.**
Поступальний рух. Обертальний рух навколо осі 349
- §5. **Розподіл швидкості у твердому тілі.** Зв'язки між швидкостями
точок тіла. Швидкості точок прямої лінії та площини.
Миттєвий рух твердого тіла 352
- §6. **Планарний миттєвий рух.** Визначення миттєвого центра обертання... 356
- §7. **Просторовий миттєвий рух.** Поворот навколо точки.
Миттєвий рух у загальному випадку. Швидкість трансляції.
Миттєве кручення. Визначення руху тіла..... 362
- §8. **Кочення та ковзання.** Лінія миттєвих центрів.
Конус миттєвих осей. Поверхня центральних осей 370
- §9. **Композиція рухів тіла.** Два одночасні обертання.
Композиція декількох одночасних обертань. Відносний рух тіла.
Регулярна прецесія..... 375
- §10. **Аналітичне представлення руху твердого тіла.** Миттєва кутова
швидкість. Центральна вісь. Планарний рух. Кути Ейлера.
Кути Ейлера в регулярній прецесії..... 384
- §11. **Розклад прискорень.** Плоский рух. Рух у просторі 391

РОЗДІЛ VIII. ДИНАМІКА ТВЕРДОГО ТІЛА 395

- §1. **Робота та кінетична енергія.** Динамічні величини. Робота.
Кінетична енергія 395
- §2. **Рівняння руху.** Рух центра мас. Принцип кутового моменту.
Принцип кінетичної енергії. Принцип д'Аламбера. Поступальний
рух тіла. Умови рівноваги. Реакції тіл під час зіткнення. Робота тертя .. 399

§3. Обертання тіла навколо сталої осі. Машина Атвуда. Фізичний маятник. Визначення реакції на вісь обертання. Осі обертання як центральні осі симетрії. Центр удару.....	409
§4. Планарний рух. Планарний рух плоскої фігури. Планарний рух тіла.....	422
§5. Кутовий момент. Кутовий момент відносно центра маси тіла чи відносно його нерухомої точки. Похідна кутового моменту.....	429
§6. Рівняння Ейлера. Рух вільного твердого тіла.....	434
§7. Обертання тіла навколо точки без дії сил. Кутовий момент та кінетична енергія. Обертання навколо кулястої точки. Обертання навколо точки, еліпсоїд інерції якої є еліпсоїдом обертання. Визначення кутів Ейлера. Обертання тіла навколо точки у загальному випадку.....	436
§8. Обертання важкого тіла навколо точки	443
§9. Рух кулі по площині	446
§10. Гіроскоп Фуко. Рух осі симетрії в меридіональній площині. Рух осі в горизонтальній площині.....	449
РОЗДІЛ ІХ. ПРИНЦИП ВІРТУАЛЬНИХ РОБІТ	455
§1. Голономно-склерономні системи. Двосторонні в'язі. Односторонні в'язі. Ступінь вільності системи.....	455
§2. Віртуальні переміщення. Точка на поверхні. Точка на лінії. Голономні та склерономні системи. Двосторонні в'язі. Вільне тверде тіло. Нерухома точка. Нерухома вісь. Рух фігури у площині. Односторонні в'язі.....	459
§3. Принцип віртуальних робіт. Віртуальна робота. Принцип віртуальних робіт. Вільне тіло. Тіло з нерухомою точкою. Рух тіла в площині. Тіло зі сталою віссю. Тіло зі сталою віссю кутового моменту. Гвинт. Визначення напружень у ланках гратниці. Кінематичний метод.....	471
§4. Визначення положення рівноваги у полі сил. Множники Лагранжа	484
§5. Узагальнені координати Лагранжа. Параметри системи. Віртуальні переміщення. Віртуальна робота. Узагальнені сили. Умови рівноваги. Рівновага у потенціальному полі.....	489
РОЗДІЛ Х. ДИНАМІКА ГОЛОНОМНИХ СИСТЕМ	505
§1. Голономні системи	505
§2. Неголономні системи	506
§3. Віртуальні переміщення. Точка на поверхні. Точка на лінії. Приклади. Система точок. Узагальнені координати	507

XII

§4. Принцип д'Аламбера. Рівновага сил. Принцип д'Аламбера	513
§5. Робота і кінетична енергія у склерономних системах	517
§6. Рівняння Лагранжа першого роду	520
§7. Рівняння Лагранжа другого роду. Рівняння Лагранжа в потенціальному полі. Циклічні координати. Рух точки по поверхні обертання. Сферичні координати	523
§8. Канонічні рівняння Гамільтона. Склерономні системи	540
РОЗДІЛ XI. ВАРІАЦІЙНІ ПРИНЦИПИ МЕХАНІКИ	547
§1. Варіації без варіації часу. Варіація функції. Варіація інтеграла. Варіація похідної. Варіація складеної функції. Системи точок.....	552
§2. Принцип Гамільтона. Дійсний рух. Порівняльний рух. Принцип Гамільтона для натуральних координат. Принцип Гамільтона для узагальнених координат. Принцип Гамільтона в полі потенціальних сил. Голономно-склерономні системи в потенціальному полі	555
§3. Варіація з варіацією часу. Варіація функції. Системи точок. Варіація інтеграла разом з варіацією часу.....	566
§4. Принцип Мопертюї (найменшої дії). Перетворення Гельдера. Загальніша форма принципу Гамільтона. Принцип Мопертюї	572
ДОДАТОК. Звичайні диференціальні рівняння другого порядку зі сталими коефіцієнтами	579
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	582
ПІСЛЯСЛОВО РЕДАКТОРА УКРАЇНСЬКОГО ВИДАННЯ.....	589
ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА.....	597