

Серия
• Высшее образование •

*Н. Г. Васько, В. А. Волосухин,
А. Н. Кабельков, О. А. Бурцева*

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Издание 2-е, исправленное и дополненное

Рекомендовано Научно-методическим советом
по теоретической механике
при Министерстве образования и науки РФ
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений

Ростов-на-Дону
«Феникс»
2015

Теоретическая механика : учебник для вузов / Н. Г. Васько [и др.]. — Изд. 2-е, испр. и доп. — Ростов-на-Дону : Феникс, 2015. — 302 с. : ил. — (Высшее образование). — Библиография : с. 296.

УДК 531(075.8)

ББК 22

Ч/З № 1 — 1 экз.

В учебнике освещены основные разделы теоретической механики. Материал изложен кратко, доступно, с приведением всех необходимых доказательств. Даны методические указания к решению задач и приведены примеры их решения. Предложены для решения задачи, предлагаемые на Всероссийских олимпиадах.

Предназначен для студентов строительных, механических, энергетических и других специальностей, а также для подготовки бакалавров по Федеральному государственному образовательному стандарту III поколения.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
РАЗДЕЛ 1. СТАТИКА	6
1.1. Основные понятия и аксиомы статики	6
1.1.1. Основные понятия и определения	6
1.1.2. Аксиомы статики	7
1.1.3. Виды связей и их реакции	9
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	12
1.2. Моменты силы относительно точки и оси	13
1.2.1. Алгебраический момент силы относительно точки	13
1.2.2. Векторный момент силы относительно точки	14
1.2.3. Момент силы относительно оси	15
1.2.4. Связь момента силы относительно оси с векторным моментом силы относительно точки на оси	16
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	18
1.3. Теория пар сил	18
1.3.1. Пара сил и алгебраический момент пары сил	18
1.3.2. Векторный момент пары сил	20
1.3.3. Эквивалентность пар сил. Теоремы об эквивалентности пар сил	21
1.3.4. Теорема о сумме моментов сил пары	21
1.3.5. Сложение пар сил	23
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	25
1.4. Приведение произвольной системы сил к простейшей системе. Условия равновесия	25
1.4.1. Приведение силы к заданному центру	25
1.4.2. Главный вектор и главный момент системы сил	27
1.4.3. Приведение произвольной системы сил к силе и паре сил	28
1.4.4. Условия равновесия системы сил	30
1.4.5. Теорема о моменте равнодействующей силы (теорема Вариньона)	34
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	36

1.5. Трение	36
1.5.1. Трение скольжения	36
1.5.2. Трение качения	40
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	44
1.6. Центр системы параллельных сил и центр тяжести тел	44
1.6.1. Центр системы параллельных сил	44
1.6.2. Определение центра тяжести тела	48
1.6.3. Методы нахождения центров тяжести	50
1.6.4. Центры тяжести простейших тел	52
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	55
1.7. Методические указания к решению задач по статике	55
1.7.1. Равновесие твердого тела под действием произвольной плоской системы сил	55
1.7.2. Равновесие системы тел, находящихся под действием произвольной плоской системы сил	58
1.7.3. Равновесие тела под действием плоской системы сил при наличии трения скольжения	63
1.7.4. Равновесие тела под действием произвольной пространственной системы сил	67
1.7.5. Решение задач повышенной трудности	70
1.7.6. Олимпиадные задачи для самостоятельного решения	72
РАЗДЕЛ 2. КИНЕМАТИКА	74
2.1. Кинематика точки	74
2.1.1. Скорость точки	74
2.1.2. Ускорение точки	75
2.1.3. Векторный способ изучения движения	76
2.1.4. Координатный способ изучения движения	77
2.1.5. Естественный способ изучения движения	80
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	85
2.2. Простейшие движения твердого тела	86
2.2.1. Степени свободы и теорема о проекциях скоростей	86
2.2.2. Поступательное движение твердого тела	87
2.2.3. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси	89
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	96

2.3. Плоское движение твердого тела	96
2.3.1. Уравнения плоского движения твердого тела	98
2.3.2. Разложение плоского движения твердого тела на поступательное и вращательное	99
2.3.3. Угловая скорость и угловое ускорение тела при плоском движении	99
2.3.4. Скорости точек плоской фигуры	100
2.3.5. Мгновенный центр скоростей	102
2.3.6. Ускорения точек тела при плоском движении	105
2.3.7. Мгновенный центр ускорений	106
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	108
2.4. Общий случай движения свободного твердого тела	108
2.4.1. Аналитическое определение положения абсолютно твердого тела. Эйлера углы	108
2.4.2. Понятие мгновенного движения	110
2.4.3. Теорема Эйлера	110
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	112
2.5. Движение твердого тела, имеющего одну неподвижную точку	113
2.5.1. Уравнения сферического движения твердого тела. Мгновенная ось вращения и мгновенная угловая скорость	113
2.5.2. Угловое ускорение тела при сферическом движении	114
2.5.3. Скорости точек тела при сферическом движении. Формулы Эйлера	116
2.5.4. Ускорения точек твердого тела при сферическом движении. Теорема Ривальса ...	118
2.5.5. Теорема об ускорениях точек свободного твердого тела	120
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	121
2.6. Сложное движение точки	121
2.6.1. Относительное, переносное и абсолютное движения точки	121
2.6.2. Абсолютная и относительная производные от вектора. Формула Бура	123
2.6.3. Теорема о сложении скоростей	125

2.6.4. Сложение ускорений точки в общем случае переносного движения	127
2.6.5. Ускорение Кориолиса	128
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	129
2.7. Методические указания к решению задач по кинематике	129
2.7.1. Кинематика точки	129
2.7.2. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси	135
2.7.3. Определение скоростей и ускорений точек тела при плоском движении	138
2.7.4. Определение абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки в сложном движении	149
2.7.5. Решение задач повышенной трудности	157
2.7.6. Олимпиадные задачи для самостоятельного решения	158
РАЗДЕЛ 3. ДИНАМИКА	161
3.1. Основные положения динамики и уравнения движения точки	161
3.1.1. Законы механики Галилея—Ньютона	161
3.1.2. Дифференциальные уравнения движения материальной точки	163
3.1.2.1. Дифференциальные уравнения движения свободной точки	163
3.1.2.2. Дифференциальные уравнения движения несвободной точки	164
3.1.2.3. Дифференциальные уравнения относительного движения точки	165
3.1.3. Две основные задачи динамики точки	167
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	168
3.2. Геометрия масс	168
3.2.1. Центр масс механической системы	168
3.2.2. Моменты инерции	170
3.2.3. Моменты инерции простейших однородных тел	173
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	174
3.3. Общие теоремы динамики точки и системы	174
3.3.1. Дифференциальные уравнения движения механической системы	174

3.3.2. Теоремы об изменении количества движения и о движении центра масс	175
3.3.2.1. Количество движения точки и системы. Импульс силы	175
3.3.2.2. Теорема об изменении количества движения системы	176
3.3.2.3. Теорема о движении центра масс системы	178
3.3.3. Теорема об изменении кинетического момента	179
3.3.3.1. Кинетический момент точки и механической системы	179
3.3.3.2. Теорема об изменении кинетического момента механической системы	181
3.3.3.3. Дифференциальное уравнение вращения твердого тела вокруг неподвижной оси	183
3.3.3.4. Теорема об изменении кинетического момента системы в относительном движении по отношению к центру масс	185
3.3.3.5. Дифференциальные уравнения плоского движения твердого тела	187
3.3.4. Теорема об изменении кинетической энергии	188
3.3.4.1. Кинетическая энергия точки и системы ...	188
3.3.4.2. Работа силы	190
3.3.4.3. Примеры вычисления работы силы	192
3.3.4.4. Теорема об изменении кинетической энергии точки	196
3.3.4.5. Теорема об изменении кинетической энергии системы	197
3.3.5. Потенциальное силовое поле	198
3.3.5.1. Потенциальное силовое поле и силовая функция	198
3.3.5.2. Потенциальная энергия	201
3.3.5.3. Закон сохранения механической энергии	202
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	203
3.4. Принцип Даламбера	204
3.4.1. Принцип Даламбера для материальной точки	204
3.4.2. Принцип Даламбера для системы материальных точек	204
3.4.3. Силы инерции твердого тела в частных случаях его движения	207
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	208

3.5. Аналитическая механика	208
3.5.1. Классификация связей	209
3.5.2. Принцип возможных перемещений	210
3.5.3. Общее уравнение динамики	211
3.5.4. Обобщенные координаты	212
3.5.5. Обобщенные силы	214
3.5.6. Общее уравнение динамики в обобщенных силах. Условия равновесия сил	216
3.5.7. Дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщенных координатах (уравнения Лагранжа второго рода)	218
<i>Вопросы для самоконтроля</i>	220
3.6. Методические указания к решению задач по динамике	221
3.6.1. Дифференциальные уравнения движения материальной точки	221
3.6.2. Относительное движение материальной точки	227
3.6.3. Теорема о движении центра масс механической системы	236
3.6.4. Теорема об изменении кинетического момента механической системы	239
3.6.5. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы	248
3.6.6. Применение принципа Даламбера к определению реакций связей	257
3.6.7. Применение принципа возможных перемещений к решению задач о равновесии сил, приложенных к механической системе	266
3.6.8. Применение общего уравнения динамики к исследованию движения механической системы	270
3.6.9. Применение уравнений Лагранжа второго рода к исследованию движения механической системы	276
3.6.10. Решение задач повышенной трудности	288
3.6.11. Олимпиадные задачи для самостоятельного решения	290
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	295
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	296