

**К.В. Розе**

# **Теоретическая механика**

## **Часть 1**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 53  
ББК 22.3  
К11

К11 **К.В. Розе**  
Теоретическая механика: Часть 1 / К.В. Розе – М.: Книга по Требованию, 2017. –  
372 с.

**ISBN 978-5-458-26455-6**

Издаваемая первая часть содержит механику материальной точки.

**ISBN 978-5-458-26455-6**

© Издание на русском языке, оформление  
«YOYO Media», 2017

© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2017

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

[www.samizday.ru/reprint](http://www.samizday.ru/reprint)



## ОГЛАВЛЕНИЕ.

|                                                                                   | Стр. |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Предисловие.</b> . . . . .                                                     | 10   |
| <b>Введение и курсу теоретической механики.</b> — Ю. П. Шенин.                    |      |
| I. Историческое развитие механики и ее предмет . . . . .                          | 11   |
| II. Современный кризис физики . . . . .                                           | 15   |
| III. Деление механики на статику и динамику . . . . .                             | 16   |
| IV. Пространство, время и движение . . . . .                                      | 19   |
| V. Значение предельных абстракций . . . . .                                       | 22   |
| VI. Теоретическая и прикладная механика . . . . .                                 | 30   |
| VII. План построения курса . . . . .                                              | —    |
| <b>Тема первая. Начала векторного исчисления.</b> — А. Я. Лисютин.                |      |
| <b>Введение.</b> . . . . .                                                        | 32   |
| <b>Задание первое. Векторная алгебра.</b>                                         |      |
| 1. Основные понятия. Сложение и вычитание векторов . . . . .                      | 34   |
| 2. Умножение вектора на скаляр . . . . .                                          | 38   |
| 3. Коллинеарные и компланарные векторы . . . . .                                  | 39   |
| 4. Единичный вектор. Проекция вектора на ось . . . . .                            | 42   |
| 5. Разложение вектора по ортам . . . . .                                          | 43   |
| 6. Преобразование проекций вектора . . . . .                                      | 46   |
| 7. Скалярное произведение . . . . .                                               | 48   |
| 8. Свойства скалярного произведения . . . . .                                     | —    |
| 9. Векторное произведение . . . . .                                               | 50   |
| 10. Свойства векторного произведения . . . . .                                    | 52   |
| 11. Скалярно-векторное произведение . . . . .                                     | 55   |
| 12. Двойное векторное произведение . . . . .                                      | 57   |
| 13. Полярные и аксиальные векторы . . . . .                                       | 58   |
| <b>Вопросы для самопроверки и упражнения</b> . . . . .                            | 59   |
| <b>Задание второе. Дифференцирование и интегрирование вектора по скаляру.</b>     |      |
| 14. Переменный вектор. Непрерывность, Годограф вектора . . . . .                  | 59   |
| 15. Дифференцирование вектора по скаляру . . . . .                                | 61   |
| 16. Свойства производной . . . . .                                                | 62   |
| 17. Проекция производной на неподвижные оси . . . . .                             | 64   |
| 18. Разложение производной на продольную и поперечную составляющие . . . . .      | 65   |
| 19. Проекция производной на подвижную ось . . . . .                               | 68   |
| 20. Исследование производных $\frac{dr}{ds}$ и $\frac{d^2r}{ds^2}$ . . . . .      | 69   |
| 21. Производная скаляра по координатам. Градиент . . . . .                        | 70   |
| 22. Примеры вычисления градиента . . . . .                                        | 73   |
| 23. Интегрирование вектора по скаляру . . . . .                                   | 75   |
| <b>Вопросы для самопроверки и упражнения</b> . . . . .                            | 76   |
| <b>Задание третье. Преобразование системы векторов.</b>                           |      |
| 24. Скользящий вектор . . . . .                                                   | 77   |
| 25. Момент вектора относительно точки и оси . . . . .                             | 78   |
| 26. Главный вектор и главный момент . . . . .                                     | 79   |
| 27. Система векторов, линии действия которых пересекаются в одной точке . . . . . | 81   |
| 28. Система двух параллельных векторов . . . . .                                  | —    |

|                                                                           | Стр. |
|---------------------------------------------------------------------------|------|
| 29. Пара векторов . . . . .                                               | 82   |
| 30. Свойства пары . . . . .                                               | 83   |
| 31. Эквивалентные системы скользящих векторов . . . . .                   | 85   |
| 32. Изменение главного момента при изменении центра приведения . . . . .  | 86   |
| 33. Инварианты . . . . .                                                  | 87   |
| 34. Приведение системы векторов к каноническому виду . . . . .            | 89   |
| 35. Определение скользящего вектора через два свободных . . . . .         | 91   |
| 36. Определенный вектор . . . . .                                         | 92   |
| 37. Приведение системы определенных векторов к простейшему виду . . . . . | 93   |
| 38. Нулевая плоскость. Центр Гамильтона . . . . .                         | 94   |
| Вопросы для самопроверки и упражнения . . . . .                           | 95   |

#### *Зада н и е ч е т в е р т о е. Приложение векторного исчисления к статике.*

|                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Введение . . . . .                                                                            | 95  |
| 39. Силы пересекающиеся в одной точке . . . . .                                               | 96  |
| 40. Параллельные силы. . . . .                                                                | 98  |
| 41. Приведение сил к одной силе и одной паре. Условия равновесия твер-<br>дого тела . . . . . | 99  |
| 42. Частные случаи равновесия твердого тела . . . . .                                         | 101 |
| 43. Центр параллельных сил . . . . .                                                          | 102 |
| 44. Центр тяжести . . . . .                                                                   | 105 |
| 45. Теоремы Гюльена . . . . .                                                                 | 106 |
| 46. Таблица положения центра тяжести . . . . .                                                | 107 |
| Вопросы для самопроверки и упражнения . . . . .                                               | 108 |
| Контрольная работа по теме первой . . . . .                                                   | 112 |
| Литературные указания . . . . .                                                               | 113 |
| Обзорная таблица формул . . . . .                                                             | —   |

#### **Тема вторая. Кинематика точки** — Проф. Н. В. Розе.

|                    |     |
|--------------------|-----|
| Введение . . . . . | 114 |
|--------------------|-----|

#### *Зада н и е п я т о е. Определение положения точки в пространстве.*

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| 47. Декартовы координаты . . . . .              | 115 |
| 48. Полярные координаты на плоскости . . . . .  | 116 |
| 49. Цилиндрические координаты . . . . .         | —   |
| 50. Сферические координаты . . . . .            | 117 |
| 51. Общие криволинейные координаты . . . . .    | 118 |
| Вопросы для самопроверки и упражнения . . . . . | 120 |

#### *Зада н и е ш е с т о е. Перемещение точки.*

|                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Введение . . . . .                                                                                              | 126 |
| 52. Определения . . . . .                                                                                       | —   |
| 53. Проекции элементарного перемещения на оси полярных и цилиндриче-<br>ских координат . . . . .                | 128 |
| 54. Проекции элементарного перемещения на оси сферических координат . . . . .                                   | —   |
| 55. Проекции элементарного перемещения на оси каких-угодно криволиней-<br>ных ортогональных координат . . . . . | 129 |
| Вопросы для самопроверки и упражнения . . . . .                                                                 | 131 |

#### *Зада н и е с е д ь м о е. Элементы движения точки.*

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| Введение . . . . .                                           | 133 |
| 56. Траектория . . . . .                                     | 134 |
| 57. Скорость . . . . .                                       | —   |
| 58. Проекции скорости на оси различных координат . . . . .   | 135 |
| 59. Угловая скорость . . . . .                               | 137 |
| 60. Проекции скорости на вращающуюся ось . . . . .           | 138 |
| 61. Секторная скорость . . . . .                             | 139 |
| 62. Длина пройденного пути . . . . .                         | 141 |
| 63. Ускорение . . . . .                                      | 142 |
| 64. Проекции ускорения на оси декартовых координат . . . . . | 143 |

|                                                                                          | <b>Стр.</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 65. Проекция ускорения на оси полярных и цилиндрических координат . . .                  | 143         |
| 66. Проекция ускорения на оси сферических координат . . . . .                            | 145         |
| 67. Проекция ускорения на оси каких-либо криволинейных ортогональных координат . . . . . | 149         |
| 68. Проекция ускорения на оси натурального триэдра . . . . .                             | 151         |
| Вопросы для самопроверки и упражнения . . . . .                                          | 153         |
| Контрольная работа по теме второй . . . . .                                              | 164         |
| Литературные указания . . . . .                                                          | 165         |

**Тема третья. Свободное движение материальной точки. —**  
**М. И. Золотухин.**

|                    |     |
|--------------------|-----|
| Введение . . . . . | 166 |
|--------------------|-----|

*Задание восьмое. Постановка задач динамики точки.*

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 69. Характеристика сил . . . . .                                                       | 174 |
| 70. Основное уравнение динамики точки . . . . .                                        | 175 |
| 71. Дифференциальные уравнения движения точки . . . . .                                | 177 |
| 72. Уравнения Лагранжа . . . . .                                                       | 178 |
| 73. Уравнения Эйлера . . . . .                                                         | 182 |
| 74. Формулировка двух главных задач динамики . . . . .                                 | 183 |
| 75. Определение сил по заданному движению . . . . .                                    | —   |
| 76. Первые интегралы и общий интеграл дифференциальных уравнений движения . . . . .    | 185 |
| 77. Начальные условия. Определение произвольных постоянных в общем интеграле . . . . . | 187 |
| 78. Нахождение общего интеграла. Приближенные методы интегрирования . . . . .          | 188 |
| 79. Последовательность операций в решении конкретных задач . . . . .                   | 193 |
| Вопросы для самопроверки и упражнения . . . . .                                        | —   |

*Задание девятое. Общие законы динамики.*

|                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Введение . . . . .                                                                                        | 196 |
| 80. Импульс силы . . . . .                                                                                | 197 |
| 81. Закон количества движения . . . . .                                                                   | 198 |
| 82. Применение закона количества движения к исследованию движений при силах заданных графически . . . . . | 199 |
| 83. Применение закона количества движения к исследованию мгновенных сил . . . . .                         | 200 |
| 84. Закон моментов количества движения . . . . .                                                          | 201 |
| 85. Интеграл площадей. Свойство траектории . . . . .                                                      | 203 |
| 86. Живая сила и работа . . . . .                                                                         | 205 |
| 87. Вычисление работы . . . . .                                                                           | 209 |
| 88. Примеры потенциальных сил . . . . .                                                                   | 214 |
| 89. Закон живой силы . . . . .                                                                            | 215 |
| 90. Закон живой силы для мгновенных сил . . . . .                                                         | 217 |
| 91. Интеграл живой силы. Полная механическая энергия . . . . .                                            | —   |
| 92. Уравнение энергии при наличии диссипативных сил . . . . .                                             | 220 |
| Вопросы для самопроверки и упражнения . . . . .                                                           | 221 |

*Задание десятое. Прямолинейное движение.*

|                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| Введение . . . . .                                                      | 226 |
| 93. Движение под действием постоянной силы тяжести . . . . .            | —   |
| 94. Движение под действием силы, зависящей от времени . . . . .         | 228 |
| 95. Движение под действием силы, зависящей от положения точки . . . . . | 230 |
| 96. Свойство таутохронности . . . . .                                   | 231 |
| 97. Падение с большой высоты . . . . .                                  | 234 |
| 98. Движение под действием силы, упругой или квази-упругой . . . . .    | 237 |
| 99. Задача а . . . . .                                                  | 238 |
| 100. Задача б . . . . .                                                 | 241 |
| 101. Применение интеграла живой силы . . . . .                          | 244 |
| 102. Движение под действием силы, зависящей от скорости . . . . .       | 249 |

|                                                                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 103. Движение под действием квази-упругой силы при сопротивлении среды, пропорциональном первой степени скорости. Влияние сопротивления на свободные колебания . . . . . | 250 |
| 104. Движение под действием только силы сопротивления среды, пропорциональной первой степени скорости . . . . .                                                          | 256 |
| 105. Падение при сопротивлении, пропорциональном первой степени скорости . . . . .                                                                                       | 257 |
| 106. Движение в среде при сопротивлении, пропорциональном квадрату скорости . . . . .                                                                                    | —   |
| 107. Вынужденные колебания. Резонанс . . . . .                                                                                                                           | 263 |
| Вопросы для самопроверки и упражнения . . . . .                                                                                                                          | 271 |

#### *Задание одиннадцатое. Криволинейное движение.*

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 108. Баллистика в пустоте. Парабола безопасности . . . . .                                  | 275 |
| 109. Баллистика при сопротивлении воздуха . . . . .                                         | 281 |
| 110. Движение под действием квази-упругой силы . . . . .                                    | 287 |
| 111. Движение под действием силы ньютоновского тяготения . . . . .                          | 290 |
| 112. Взаимная связь между законом всемирного тяготения Ньютона и законами Кеплера . . . . . | 300 |
| 113. Движение электронов в электрических и магнитных полях . . . . .                        | 302 |
| 114. Движение электрона в электростатическом поле . . . . .                                 | 304 |
| 115. Движение электрона в магнитном поле . . . . .                                          | 307 |
| 116. Движение электрона в электрическом и перпендикулярном к нему магнитном поле . . . . .  | 310 |
| Вопросы для самопроверки и упражнения . . . . .                                             | 314 |
| Контрольная работа по третьей теме . . . . .                                                | 318 |
| Литературные указания . . . . .                                                             | —   |

#### **Тема четвертая. Несвободное движение материальной точки.** — И. Д. Жонголович.

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Введение . . . . .                                                                    | 319 |
| 117. Свободное и несвободное движение. Связи. Число степеней свободы . . . . .        | —   |
| 118. Принцип освобождаемости. Основное уравнение движения несвободной точки . . . . . | 324 |
| 119. Характеристика силы реакции . . . . .                                            | 325 |

#### *Задание двенадцатое. Движение по поверхности.*

|                                                                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 120. Уравнение движения точки по поверхности в векторной форме . . . . .                                                                                               | 327 |
| 121. Уравнения движения по неподвижной поверхности в проекциях на оси декартовых координат . . . . .                                                                   | —   |
| 122. Уравнения движения точки по неподвижной поверхности в проекциях на касательную к траектории, нормаль к поверхности и перпендикулярные к ним направления . . . . . | 328 |
| 123. Нормальное давление точки на неподвижную поверхность . . . . .                                                                                                    | 329 |
| 124. Движение точки по неподвижной поверхности при отсутствии заданных сил. Геодезические линии . . . . .                                                              | 330 |
| 125. Гладкая поверхность. Идеальные связи . . . . .                                                                                                                    | 331 |
| 126. Применение общих законов динамики к движению точки по поверхности . . . . .                                                                                       | 334 |
| 127. Движение по инерции на поверхности вращения. Геодезические линии поверхности вращения. Теорема Клеро . . . . .                                                    | 335 |
| 128. Движение весомой точки по гладкой поверхности вращения с вертикальной осью . . . . .                                                                              | 337 |
| 129. Малые колебания сферического маятника . . . . .                                                                                                                   | —   |
| 130. Уравнения Лагранжа II рода . . . . .                                                                                                                              | 341 |
| 131. Движение по неудерживающей поверхности . . . . .                                                                                                                  | 346 |
| 132. Равновесие материальной точки на поверхности . . . . .                                                                                                            | 347 |
| Вопросы для самопроверки и упражнения . . . . .                                                                                                                        | 349 |



**Задание тринадцатое. Движение по линии.**

|                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 133. Уравнение движения точки по линии в векторной форме . . . . .                                                                  | 336 |
| 134. Дифференциальные уравнения движения материальной точки по неподвижной кривой в проекциях на оси декартовых координат . . . . . | —   |
| 135. Закон живой силы при движении точки по линии . . . . .                                                                         | 337 |
| 136. Уравнения движения точки по неподвижной кривой в проекциях на оси натурального триэдра. Давление точки на кривую . . . . .     | 358 |
| 137. Применение уравнений Лагранжа II рода для движения точки по гладкой кривой . . . . .                                           | 360 |
| 138. Плоский круговой маятник . . . . .                                                                                             | 361 |
| 139. Таутохронизм, Циклоидальный маятник . . . . .                                                                                  | 368 |
| Вопросы для самопроверки и упражнения . . . . .                                                                                     | 370 |
| Контрольная работа по теме четвертой . . . . .                                                                                      | 372 |
| Литературные указания . . . . .                                                                                                     | —   |
| Обзорная повторительная таблица по кинематике точки . . . . .                                                                       |     |
| Обзорная повторительная таблица по механике свободной точки.                                                                        |     |

## **ПРЕДИСЛОВИЕ.**

Настоящий курс имеет назначение служить учебным пособием при университетском прохождении механики на специальностях математики, теоретической физики, геофизики и астрономии. Этим определяется объем и выбор материала курса. Стремясь базировать и развивать трактовку вопросов механики на началах диалектического материализма, авторы ни в коей мере не могут считать эту задачу разрешенной, особенно в рамках учебного пособия. Трудности диалектического освещения и синтеза всех противоречий в области физических и механических процессов огромны и их преодоление есть процесс длительный.

Обилие материала заставляет разделить курс на три части. Издаваемая первая часть содержит механику материальной точки; вторая часть будет содержать механику системы точек, относительное движение и динамику твердого тела; третья часть—теорию малых колебаний, вариационные начала механики и критический обзор основных положений механики на историческом пути их формирования.

*Н. Розе.*

## **ВВЕДЕНИЕ К КУРСУ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ.**

### **1. Историческое развитие механики и ее предмет.**

1. Как и каждая наука, механика своими историческими корнями уходит в колыбель европейской науки—древние Египет и Грецию, в которых элементы механики явились в качестве обобщения непосредственного практического опыта, доступного уровню их общественного развития. Это утверждение вовсе не означает, разумеется, того, что все основные представления современной теоретической механики были намечены уже в эту раннюю эпоху культуры. Если бы это было так, то все последующее развитие механики как науки оказалось бы простым дополнением к тому, что раз навсегда было установлено раньше. Такое представление о развитии механики не отвечает действительности. Процесс общественного развития, возникновения принципиально новых общественных формаций, связанных с возникновением и новой техники общественного производства, новых машин, заставлял механику как науку претерпевать и принципиальные изменения в ее содержании. Не только в том смысле, что она освобождалась в ходе своей истории от некоторых заблуждений, но и в том смысле, что открывались новые принципы и законы, вводились новые представления, заставлявшие тем или иным образом изменяться и прежние понятия, хотя бы последние и были в основном правильными, т. е. соответствующими действительности и практике.

Рассмотрение исторического развития механики приводит к тому выводу, что механика до настоящего времени прошла три основных стадии, три основных этапа. К первому этапу мы должны отнести развитие механики вплоть до Галилея и Ньютона; второй этап, начатый Галилеем и Ньютоном и включивший в себя разработку основных принципов механики в целом, заканчивается к половине девятнадцатого столетия; с этого времени, связанного с открытием закона сохранения и превращения энергии, начинается третий этап, продолжающийся еще в наше время.

2. Первый этап, занявший более полутора тысяч лет древнего мира и средневековья, характеризуется тем обстоятельством, что это была эпоха рабовладельческого (древняя Греция) и феодального (средние века) общественного строя, следовательно, строя с крайне низким уровнем развития техники. В силу этого и механика, которая имела своим ближайшим объектом примитивные орудия этой эпохи—простые рычаги, блоки и т. п., исчерпывалась в основном тем, что мы называем статикой, т. е. учением о механическом равновесии, к тому же приори-

статика земных тел. Правда, рассказывают, что Архимед (287—212 годы до нашего летоисчисления), которому в области открытия законов статики принадлежит большое место, распространял имевшиеся в то время представления о механических соотношениях с земных тел на тела небесные, когда говорил: „дайте мне для рычага точку опоры, и я подниму землю“. И действительно, формулированные в то время законы статики не исключают своего приложения и значения для тел, выходящих за пределы земного шара; но подобные обобщения и приложения этих законов в рассматриваемый период были скорее исключением, чем правилом, и именно потому, что, как мы дальше покажем, статические соотношения являются предельными случаями динамических, которые тогда еще не были известны, и которые в первую голову нужны для распространения законов механики на астрономические объекты.

3. Формулировка и применение основных законов динамики и обобщение механики с земных тел на все, вообще, соотношения тел во вселенной были задачей XVI и XVII веков. Эта задача была разрешена, главным образом, Галилеем и Ньютоном.

Эта эпоха была эпохой развития торгового, а также мануфактурно-промышленного капитализма. Развитие применения машин как в производстве, торговле, так и в военном деле того времени непосредственно ставило задачи развития механики и астрономии, а вместе с ними и математики. Энгельс характеризует это время следующими выражениями: „Рамки старого *Orbis Terrarum* были разбиты; только теперь, собственно, была открыта земля и положены основы для позднейшей мировой торговли и для перехода ремесла в мануфактуру, явившегося, в свою очередь, исходным пунктом современной крупной промышленности. Духовная диктатура церкви была сломлена... Революционным актом, которым естествознание заявило о своей самостоятельности... было издание бессмертного творения, в котором Коперник бросил перчатку церковному авторитету в естественных делах, отсюда датирует освобождение естествознания от теологии“ <sup>1)</sup>. Значение этого освобождения естествознания от теологии может быть выяснено связью следующих основных фактов: Ньютон в создании своего закона тяготения, а также и ряда других принципов механики, базировался почти исключительно на Кеплеровых законах движения планет; последние были разобраны Кеплером на основе гелиоцентрического учения Коперника, резко противостоявшего эцентрическим церковным воззрениям. Новая механика, таким образом, явилась прямым результатом борьбы с идеологией, выражавшей устои и тенденции феодального общества XVI века.

Но при этом важно отметить следующее основное обстоятельство: в рассматриваемый период механика была господствующей и наиболее развитой среди всех остальных естественных наук. Из других отделов физики относительное развитие получила только оптика, опять же в силу потребностей развития механики (при астрономических наблюдениях применялись инструменты—телескоп и т. п., необходимость усовершенствования которых и вызвала, в основном, к жизни оптические исследования). Химия и биология находились в этот период

---

<sup>1)</sup> Энгельс. *Диалектика природы*, стр. 109 и 110.

еще в совершенно зачаточном состоянии. Эта неравномерность в развитии естественных наук, заключающаяся в преимущественном положении механики, наряду с колоссальными уже в тот период достигнутыми успехами ее, привели к тому взгляду, что механическое объяснение явлений есть единственное научное их объяснение. Таким образом создалось механистическое миропонимание, не учитывавшее того обстоятельства, что процессы другого порядка—химические, биологические, электромагнитные и т. д., не могут быть целиком выражены и объяснены с точки зрения понятий и законов механики. Но подобное миропонимание ограничивало не только развитие других естественных дисциплин; оно ограничивало, и это позже было вскрыто, развитие также и самой механики. Если формулировать кратко основную тенденцию в развитии механики с XVI века, то можно сказать: механика развивалась на основе механических же принципов. Между тем подлинной ее основой являются принципы физические, и это положение начало вскрываться со второй половины XIX века, со времени открытия закона сохранения и превращения энергии.

Что механика, развиваемая на основе чисто механических же принципов, является ограниченной, является, резко выражаясь, несостоятельной, может быть доказано следующим простым рассуждением: природа не знает чисто-механических процессов и явлений, а потому и известный закон теоретической механики—закон сохранения суммы кинетической и потенциальной энергии—не оправдывается при более тесном соприкосновении с действительностью при наличии неизбежных во всяком действительном движении диссипативных сил.

4. Именно поэтому с бурным развитием в XIX веке физики на почве углубления и расширения капиталистического способа производства и связанной с ним новой техники, одно из центральных достижений этой науки составляет принцип сохранения энергии и превращаемости ее форм, изменяется принципиально и положение механики в физике. Обозначая через  $T$  кинетическую энергию, через  $V$ —потенциальную, через  $Q$ —тепловую, через  $X$ —электрическую и т. д., мы можем закон сохранения энергии записать так:

$$T + V + Q + X + \dots = \text{const}$$

т. е.

$$\Delta T + \Delta V + \Delta Q + \Delta X + \dots = 0.$$

Эти уравнения содержат ту мысль, что механическое движение является лишь одной из форм физических движений материи, и что механическое движение может превращаться в какое-либо другое—тепловое, электрическое и т. п. Первая формула указывает на постоянство полной величины энергии всех ее видов, вторая—на переход одного из них в другой. Здесь, таким образом, механике придана уже не механическая, а общефизическая основа.

Это принципиальное изменение основ и положения механики—принципиальное потому, что оно уже исключает стремление понять другие формы движения с точки зрения механики, т. е. свести первые ко второй,—отнюдь не закончилось с открытием закона превращения и сохранения энергии. Напротив, с этого момента оно только началось. Дальнейшее *физицирование* механики связано с появлением основных идей теории относительности Эйнштейна, которые уже

конкретно вскрыли физические основы и физические границы теоретической механики и изменили ее принципы. Такие основные утверждения, как независимость массы от величины переносимой ею энергии, независимость скоростей и т. п., были признаны положениями, строго говоря, неверными и практически-оправдываемыми лишь в области сравнительно малых скоростей.

Мы можем, таким образом, сказать, что если в древней Греции механика исчерпывалась статикой земных тел, если после Галилея и Ньютона механика, развитая созданием динамики, стала механикой общемировой, но на механических основах, то, начиная со второй половины XIX века, идет процесс физического обоснования механики, через которое только и начала становиться ясной и развиваться ее динамическая сущность.

5. Но указанная диалектическая тенденция в современном развитии теоретической механики—внутренняя связь механических процессов с другими физическими процессами путем превращений энергии—не стирает, разумеется, границы между механикой и другими отделами физики. Приведенными выше соображениями устраняется не различие механики от других физических дисциплин (электродинамики и т. д.), а лишь абсолютность, непреходимость этого различия. Граница делается относительной, но она существует. Иначе говоря, механика продолжает обладать своим собственным предметом изучения.

Среди всех физических форм движения материи механическим движением мы называем то, для которого конститутивным, определяющим является перемещение в пространстве со временем материального образования как целого. Подобное перемещение тела как целого и составляет предмет механики. Так, например, перемещение Земли, а также и всей солнечной системы в мировом пространстве представляет собою пример механического движения; при этом на Земле могут происходить те или иные процессы—потеря теплоты и массы через лучеиспускание, геологические перевороты, классовая борьба и т. п., но в тех пределах, в которых все эти процессы остаются без влияния на основной факт—движение Земли как целого тела—это перемещение будет составлять объект механики. Несомненно, что потеря Землей своей энергии и массы через излучение теплоты в мировое пространство влияет на величину скорости перемещения Земли, но это влияние, во всяком случае до известной поры, влияет именно лишь на величину скорости, но не на самый факт перемещения Земли как целого. Наоборот, когда мы имеем случай удара двух масс, при котором вся их кинетическая энергия превращается в тепловую энергию беспорядочного движения их частиц,—мы имеем случай перехода движения из одной формы в другую, требующий для своего изучения уже не механики или, вернее не только механики, но и главным образом термодинамики, имеющей своим объектом беспорядочные молекулярные движения.

В этих последних, разумеется, механические соотношения продолжают действовать: каждая отдельная молекула продолжает двигаться по законам, формулируемым механикой. Но здесь возникает новый, и притом решающего порядка факт—беспорядочность движения многих частиц. Следовательно, превращая движение какого-либо тела как целого в движение иного рода, мы помимо механических соотношений получаем также иные. Если этот процесс превращения условно назвать делением: