

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- абелева алгебра *Ли* 121  
— группа 25  
автоморфизм внутренний 137  
аксиальная симметрия 113, 116  
алгебра *Грассмана* 150  
— *Ли* 131  
— — абелева (коммутативная) 121  
— — векторных полей 64  
— — группы *Ли* 120  
алгебраическое дополнение 32  
аналитическая функция 22  
аналитическое многообразие 60  
аннулирует 153  
аннулятор набора форм 191  
антидифференцирование 169  
антисимметричная часть 147  
антисимметричный тензор 146, 147  
антиэрмитова матрица 129  
атлас 40  
аффинная связность 242  
аффинный параметр 250
- база расслоения 53, 57  
базис 28  
— двойственный (дуальный) 74  
— декартов 88  
— координатный 50  
— левозакрученный 153  
— лоренцев 88  
— ортонормированный 87, 88  
— правозакрученный 153  
— псевдоэвклидов 88  
*Бетти* число 189  
биекция 19  
большой взрыв 240  
бра-вектор 68  
*Бьянки* тождества 254
- Вейля* тензор 260  
вектор 48, 50  
— ковариантный 68  
— контравариантный 68  
*N*-вектор 158
- вектор-градиент 94  
векторное поле 50  
— — гамильтоново 207  
— — *Киллинга* 114  
— — левоинвариантное 120  
— произведение 159  
— — двойное 165  
— пространство 27  
вектор-потенциал 220  
вес 163, 164  
взаимно-однозначное отображение 18  
вихрь 225  
внешне ориентируемое многообразие 157  
внешнее произведение 79, 149  
внешняя ориентация 157  
— производная 169  
внутренний автоморфизм 137  
времени-подобная кривая 93  
Вселенная 227  
— замкнутая 239  
— открытая 239  
— плоская 239  
выделенная форма объема 166
- Гамильтона* функция 206  
— уравнения движения 206  
гамильтоново векторное поле 207  
гармоника осевая векторная 117—118  
— — скалярная 117  
— сферическая 139  
— — векторная 198—199
- Гаусса* теорема 184  
*Гельмгольца* теорема о циркуляции 225  
генерирует 207  
геодезическая 250  
геодезически полное многообразие 252  
гиперповерхность 104
- главное расслоенное пространство 59  
гомеоморфизм 57

- гомоморфизм 26  
 гравитационное поле 260  
 градиент 71, 246  
 грассманова алгебра 150  
 группа 25  
 — абелева (коммутативная) 25  
 — изотропии 229  
 — когомологий *де Рама* 187  
 — *Ли* 44  
 — *Лоренца* 88  
 — несвязная 126  
 — ортогональная 127  
 — полная линейная 123, 129  
 — специальная ортогональная 127  
 — — унитарная 129  
 — структурная  
 — унитарная 129
- двойное векторное произведение 165  
 двойственное пространство 67  
 двойственность 68  
 двойственный базис 74  
*де Рама* группа когомологий 187  
 — — теорема 189  
 девиация геодезических 256  
 действие группы транзитивное 229  
 декартов базис 88  
 декартово произведение 55  
 дельта-символ 164  
 дельта-функция 69  
 детерминант 32  
 дивергенция 172  
 — ковариантная 257  
 $\omega$ -дивергенция 184  
 динамическая система 213  
 — — линейная 210  
*Дирака* дельта-функция 69  
 дискретное множество 14  
 диффеоморфизм 45  
 дифференциальная структура 40  
 — форма 149  
 дифференциальный идеал 192  
 дифференцируемость класса  $C^*$  21  
 дуализация 158, 160  
 дуальное пространство 67  
 дуальный базис 74  
 — тензор 159, 160
- единица 24  
 естественные координаты 53
- жорданова форма 124
- закон преобразования 82  
 — — ковариантный 82  
 — — контравариантный 82  
 — сохранения 196, 225
- замкнутая Вселенная 239  
 — система (в термодинамике) 204  
 — форма 173  
 замкнутый набор форм 192
- идеал дифференциальный 192  
 — полный 191  
 идеальная жидкость 222  
 изоморфизм групп 26  
 изотропии группа 229  
 изотропное многообразие 230  
 импульс 206  
 $\bar{U}$ -импульс канонический 213  
 инвариантное подпространство 139  
 инвариантность калибровочная 264  
 — относительно векторного поля 112  
 — — переноса *Ли* 97  
 индуцирует (топологию) 15  
 интеграл от формы 154  
 интегральная кривая 59  
 — поверхность 197  
 инфинитезимальный генератор 124  
 — дифференциал 72  
 инъективное отображение 18
- калибровочная два-форма кривизны 264  
 — инвариантность 264  
 калибровочное преобразование 220  
 калибровочно-ковариантная производная 264  
 калибровочно-плоский 265  
 калибровочные теории 261  
 каноническая форма матрицы 124  
 канонический  $\bar{U}$ -импульс 213  
 каноническое преобразование 207  
*Каратеодори* теорема 204  
 карта 39  
 касательное пространство 50  
 — расслоение 53  
 касательный вектор 47  
 — пучок 53  
 квадратично-интегрируемая функция 23  
 кет-вектор 68  
*Киллинга* вектор(ное поле) 114  
 — уравнение 259  
 ковариантная дивергенция 257  
 — производная 244  
 ковариантный вектор 68, 83  
 когомологий группа 187  
 — теория 174  
 кокасательное расслоение 71  
 коммутативная алгебра *Ли* 121  
 — группа 25

- коммутатор 24  
 — матричный 127  
 коммутирующие операторы 24  
 композитная система 203  
 композиция 19  
 компонента единицы связная 126  
 компоненты вектора 28  
 — один-формы 74  
 — преобразования (оператора 30  
 — тензора 79  
 конгруэнция 60  
 консервативная система 207  
 контравариантный вектор 68, 82  
 конфигурационное пространство 213  
 координатный базис 50  
 координаты 38  
 — естественные 53  
 — нормальные 252  
*Коперника* принцип 230  
 космологический принцип 230  
 космология изотропная 230  
 — однородная 230  
 кососимметричный тензор 146  
 кососкалярное произведение 211  
 кривая 45  
 — параметризованная 45  
 кривизна 257  
*Кристоффеля* символы 246  
*Кронекера* символ 32  
 — — обобщенный 164  
 кручение 249  
  
*Лагранжа* уравнение движения 206  
 — функция 206  
*Леви-Чивиты* символы 162  
 левозакрученный базис 153  
 левинвариантное векторное поле 120  
*Лейбница* формула 102, 103  
 лемма *Пуанкаре* 175  
*Ли* алгебра 64, 131  
 — группа 44  
 — производная 100, 101, 103  
 — скобка 62, 131  
 ли-инвариантность 97  
 линейная комбинация 27  
 — независимость 27  
 линейное преобразование 30  
 линейность (полилинейность) 76  
 ли-перенос 97  
 лист слоения 106  
 ли-тянутая конгруэнция 98  
 — функция 97  
 ли-тянутое векторное поле 98  
 — поле один-форм 102  
*Лиувилля* теорема 210  
 локальная тривиальность расслоения 55  
  
 локально-плоское метрическое тензорное поле 91  
*Лоренца* группа 88  
 — преобразование 88  
 лоренцев базис 88  
  
*Максвелла* тождества 202  
 — уравнения 215  
 максимально-симметричное многообразие 232  
 матрица 30  
 — антиэрмитова 129  
 — вырожденная 32  
 — единичная 32  
 — невырожденная 32  
 — преобразования 81  
 — обратная 32  
 — транспонированная 32  
 матричное произведение 31  
 метрика 86  
 — индефинитная 88  
 — *Минковского* 88  
 — эвклидова 86  
 метрическая связность 258  
 метрический тензор 86  
*Мёбиуса* лист 56  
*Минковского* метрика 88  
 — пространство 93, 94  
 многообразие 37  
 — аналитическое 60  
 — внешне ориентируемое 157  
 — геодезически полное 252  
 — гладкое 40  
 — дифференцируемое 40  
 — изотропное 230  
 — класса  $C^*$  40  
 — максимально-симметричное 232  
 — однородное 229  
 — односвязное 131, 189  
 — ориентируемое 58, 153  
 — симплектическое 210  
 — сферически-симметричное 233  
 $C^*$ -многообразие 40  
 модель заряда *Соркина* 219  
 — — *Уилера* 218  
 мультипликативность 253  
  
 на 19  
 накрывает 131  
 накрытие двулистное 133  
 непрерывность 19, 20  
 несвязная группа 126  
 норма 28  
 — эвклидова 30  
 нормальные координаты 252  
 нормированное векторное пространство 28  
 нуль-форма 149

- область определения 24  
 обобщённая функция 69  
 образ 18  
 образующие 28  
 обратное отображение 18  
 обратный элемент 25  
 объём 154  
 объёма форма 154  
 — — выделенная 166  
 — элемент 144  
 ограничение формы 152  
 один-форма 67  
 однопараметрическая подгруппа 121  
 однородное многообразие 229  
 односвязное многообразие 131, 189  
 окрестность 14, 17  
 оператор 23  
 — момента импульса 111  
 определитель 32  
 опускание индексов 90  
 ориентация внешняя 157  
 ориентируемое многообразие 153  
 ориентируемость 58  
 ортогональная группа 127  
 ортонормированный базис 87, 88  
 осевая гармоника векторная 117—  
 118  
 — — скалярная 117  
 — симметрия 113, 116  
 осевое собственное значение 117  
 делимость 15  
 открытая Вселенная 239  
 открытое множество 14  
 отношение эквивалентности 187  
 отображение 17  
 — взаимно-однозначное 18  
 — дуализации 158, 160  
 1-1-отображение 18  
 отражение 128
- параллелограмма тождество 29  
 параллельный перенос 243  
 параметр 45  
 — аффинный 250  
 перенос вдоль конгруэнции 97  
 — *Ли* 97  
 — параллельный 243  
 плоская Вселенная 239  
 плоское пространство 257  
 плотность скалярная 163  
 — тензорная 164  
 площадь 144—147  
 повторяющиеся индексы 76  
 подгруппа 26  
 — однопараметрическая 121  
 подмногообразие 103—104  
 поднятие индексов 90  
 подобия преобразование 34  
 подпространство 28  
 поле векторное 50  
 — дифференцируемое 71  
 — тензорное 77  
 — форм 71, 153  
 полилинейность 76  
 полная линейная группа  $n$ -мерного  
 вещественного пространства 123  
 — — — комплексного простран-  
 ства 129  
 — производная по времени 222  
 — система функций 140  
 полный идеал (набора форм) 191  
 порождает 28  
 правило запятой 170, 248  
 — разложения по строке 32  
 — суммирования *Эйнштейна* 76  
 правозакрученный базис 153  
 представление 136  
 — двузначное 142  
 — неприводимое 139  
 — присоединённое 137  
 — спинорное 142  
 — фундаментальное 142  
 преобразование калибровочное 220  
 — каноническое 207  
 — координат 39  
 — *Лоренца* 88  
 — присоединённое 137  
 принцип заурядности 230  
 — *Коперника* 230  
 — космологический 230  
 — минимальной связи 261  
 — эквивалентности сильный 261  
 присоединённая реализация 137  
 присоединённое представление 137  
 — преобразование 137  
 проекция расслоения 53, 57  
 произведение векторное 159  
 — внешнее 79, 149  
 — кососкалярное 211  
 — прямое 55  
 — тензорное 79  
 производная внешняя 169  
 — калибровочно-инвариантная 264  
 — ковариантная 244  
 — *Ли* 100, 101, 103  
 — полная (по времени) 222  
 производящие функции канониче-  
 ских преобразований 208  
 прообраз 18  
 пространственно-подобная кривая  
 93  
 пространственно-подобное многооб-  
 разие 192  
 пространство конфигурационное 213  
 — фазовое 43, 206  
 прямое произведение 55  
 псевдономра 30

- псевдоевклидов базис 88  
*Пуанкаре* лемма 175  
*Пуассона* скобка 209
- размерность векторного пространства 28  
 — многообразия 37  
 ранг тензора 90  
 распределение на многообразии  $m$ -мерное 108  
 — (обобщённая функция) 69  
 расслоение 52, 57  
 — касательное 53  
 — кокасательное 71  
 — реперов 59  
*U(1)*-расслоение 263  
 расслоенное пространство 52, 57  
 — — главное 59  
 расширение оператора 24  
 реализация 135  
 — главная 136  
 — присоединённая 137  
 — прогрессивная 136  
 — регрессивная 136  
 — точная 135  
*Римана* тензор 253  
*Риччи* тензор 259  
 ротор 171
- свёртка 68, 80, 151, 178  
 связанная компонента единицы 126  
 связность аффинная 242  
 связность метрическая 258  
 связность симметричная 248  
 сдвиг левый 119  
 — правый 119  
 сечение расслоения 53  
 сигнатура метрики 87  
 — поля  $g$  91  
 сильный принцип эквивалентности 261  
 символы *Кристоффеля* 246  
 — *Кронекера* обобщённые 164  
 — *Леви-Чивиты* 162  
 симметричная связность 248  
 — часть 232, 249  
 симметричный тензор 148  
 симметрия аксиальная 113, 116  
 — осевая 113, 116  
 — сферическая 119, 138  
 — цилиндрическая 116  
 симплектическая форма 210  
 симплектическое многообразие 210  
 — скалярное произведение 211  
 скаляр 85  
 скалярная плотность 163  
 скалярное произведение 29  
 — — симплектическое 211
- скобка *Ли* 62, 131  
 — *Пуассона* 209  
 след 34  
 слепяющее отображение 18  
 слоение 106  
 слой 52, 53, 57  
 собственное значение 34  
 — — осевое 117  
 собственный вектор 34  
 согласованность карт 39  
 —  $\nabla$  и  $g$  258  
 —  $\nabla$  и  $\omega$  258  
*S<sup>k</sup>*-согласованность 39  
 сопряжённое пространство 67  
*Соркина* модель заряда 219  
 сохраняющиеся величины 115, 185, 196, 210, 225  
 специальная ортогональная группа 127  
 — унитарная группа 129  
 спин 142  
 спинор 142  
 спинорное представление 142  
 стереографическая проекция 42  
*Стокса* теорема 183  
 структурная группа 57  
 структурные константы 120  
 сужение формы 152  
 сферическая гармоника 139  
 — — векторная 198—199  
 — симметрия 119, 138  
 сферически-симметричное многообразие 233  
 сюръективное отображение 19
- температура 201  
 тензор 76  
 — антисимметричный 146, 147  
 — *Вейля* 260  
 — дуальный 159, 160  
 — кососимметричный 146  
 — кручения 249  
 — метрический 86  
 — напряжений 78  
 — нулевой 83  
 — *Римана* 253  
 — *Риччи* 259  
 — симметричный 148  
 — типа  $\begin{pmatrix} N \\ N' \end{pmatrix}$  76  
 — *Эйнштейна* 260  
 $\begin{pmatrix} N \\ N' \end{pmatrix}$ -тензор 76  
 тензорная операция 85  
 тензорное поле 77  
 — — инвариантное относительно векторного поля 112

- произведение 79
- равенство 85
- уравнение 85
- теорема *Гаусса* 184
  - *Гельмгольца* о циркуляции 225
  - *де Рама* 189
  - *Каратеодори* 204
  - *Лиувилля* 210
  - о дивергенции 183
  - неподвижной точке на сфере 55, 188
  - об изменении полного заряда 218
  - о обратной функции 22
  - *Стокса* 183
  - *Фробениуса* на языке векторных полей 105—106
  - — — дифференциальных форм 192
  - *Эртеля* 226
- теория когомологий 174
- тождества *Бьянки* 254
  - *Максвелла* 202
- тождественное преобразование 32
- тождество *Якоби* 64, 131
- топологическое пространство 15
- топология 13
  - глобальная 13
  - локальная 13
- точная форма 173
- транзитивное действие 229
- тривиальность расслоения 55
  - — локальная 55
  - — глобальная 55
- тэйлорово разложение 23
  
- увлечение 97
- Уилера* модель заряда 218
- унитарная группа 129
- уравнение девиации геодезических 256
  - *Киллинга* 259
  - *Клейна* — *Гордона* 213, 264
  - неразрывности 185
  - *Эйлера* (движения жидкости) 224
- уравнение *Максвелла* 215
  
- фазовое пространство 43, 206
- факторпространство 187
- Фарадея* тензор 215—216
- форма (дифференциальная) 149
  - замкнутая 173
  - объёма 154, 210
  - — выделенная 166
  - симплектическая 210
  - точная 173
- $p$ -форма 149
- 1-форма 67
  
- Фробениуса* теорема на языке векторных полей 105—106
  - — — дифференциальных форм 192
- фундаментальное представление 142
- функциональное пространство 69
- функция 46, 85
  - аналитическая 22
  - *Гамильтона* 206
  - дифференцируемая 46
  - класса  $C^k$  21
  - *Лагранжа* 206
  - обобщённая 69
- $C^k$ -функция 21
- $C^\omega$ -функция 23
- $C^\infty$ -функция 21
  
- хаусдорфовость 15
  
- цилиндрическая симметрия 116
  
- число *Бетти* 189
  
- евклидова метрика 86
- евклидово пространство 30
- Эйлера* уравнение (движения жидкости) 224
- Эйнштейна* правило суммирования 76
  - тензор 260
- экспонента от оператора  $d/d\lambda$  61
- экспоненциальное отображение 252
- элемент объёма 144
- энтропия 201, 224
- Эртеля* теорема 226
  
- Якоби* матрица 22
  - тождество 64, 131
  - якобиан 22
  
- $C^k$ -многообразие 40
- $C^k$ -согласованность 39
- $C^k$ -функция 21
- $C^\omega$ -функция 23
- $C^\infty$ -функция 21
- $N$ -вектор 158
- $\binom{N}{N'}$ -тензор 76
- $p$ -дельта (-символ) 164
- $p$ -мерная группа когомологий 187
- $p$ -форма 149
- $\mathcal{U}$ -импульс канонический 213
- $U(1)$ -расслоение 263
- $\bar{\omega}$ -дивергенция 184
- 1-форма 67
- 1-1-отображение 18