

**С**инергетика  
От прошлого  
к будущему



**Р. Пенроуз**

О компьютерах,  
мышлении  
и законах  
физики

**Н  
О  
В  
Ы  
Й**

**У  
М**

**Король**



УРСС

Серия «Синергетика: от прошлого к будущему»

---

**Roger Penrose**

# **The Emperor's New Mind**

Concerning Computers, Minds and The Laws of Physics

Foreword by Martin Gardner

## *Р. Пенроуз*

О компьютерах,  
мышлении  
и законах  
физики

**Н  
О  
В  
Ы  
Й**

**УМ**

**Короля**

Перевод с английского под общей редакцией  
*В.О.Мальшенко*

Издание второе, исправленное

МОСКВА



УРСС

**Пенроуз Роджер**

**Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики:** Пер. с англ. / Общ. ред. В. О. Малышенко. Предисл. Г. Г. Малинецкого. Изд. 2-е, испр. — М.: Едиториал УРСС, 2005. — 400 с. (Синергетика: от прошлого к будущему.)

Монография известного физика и математика Роджера Пенроуза посвящена изучению проблемы искусственного интеллекта на основе всестороннего анализа достижений современных наук. Возможно ли моделирование разума? Чтобы найти ответ на этот вопрос, Пенроуз обсуждает широчайший круг явлений: алгоритмизацию математического мышления, машины Тьюринга, теорию сложности, теорему Геделя, парадоксы квантовой физики, энтропию, рождение Вселенной, черные дыры, строение мозга и многое другое.

Книга вызовет несомненный интерес как у специалистов гуманитарных и естественно-научных дисциплин, так и у широкого круга читателей.

«The Emperor's New Mind» was originally published in English in 1989.  
This translation is published by arrangement with *Oxford University Press*.

Произведение «The Emperor's New Mind» впервые опубликовано на английском языке в 1989 г.  
Перевод на русский язык публикуется по соглашению с *Oxford University Press*.

Перевод на русский язык осуществлен с английского издания 1999 г.

---

Редакционная коллегия серии «Синергетика: от прошлого к будущему»:

*Г. Г. Малинецкий* (председатель), *Р. Г. Баранцев*, *А. В. Гусев*, *А. С. Дмитриев*,  
*В. П. Дымников*, *С. А. Кащенко*, *И. В. Кузнецов*, *С. П. Курдюмов*, *А. Ю. Лоскутов*,  
*И. Г. Поспелов*, *Ю. Д. Третьяков*, *Д. И. Трубецков*, *Д. С. Чернавский*

---

*Издатель* — Доминго Марин Рикой

*Директор по системам* — Виктор Романов

*Финансовый директор* — Виктория Малышенко

*Директор по производству* — Ирина Макеева

*Выпускающий редактор* — Елена Ермолаева

*Перевод и редакция* — Андрей Дамбис, Юлий Данилов, Сергей Кокарев,


Виктория Малышенко, Игорь Ольшевский, Леонид Яковенко

Издательство «Едиториал УРСС». 117312, г. Москва, пр-т 60-летия Октября, 9

Лицензия ИД № 05175 от 25.06.2001 г. Подписано к печати 02.11.2004 г.

Формат 70x100/16. Печ. л. 25. Зак. № 5196. Тираж 5000 экз.

Отпечатано с готовых диапозитивов во ФГУП ИПК «Ульяновский Дом печати»  
432980, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14.

|   |  |
|---|--|
|  | <b>ИЗДАТЕЛЬСТВО УРСС</b>   |
|   | НАУЧНОЙ И УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ   |
|   | E-mail: URSS@URSS.ru   |
|   | Каталог изданий<br>в Internet: <a href="http://URSS.ru">http://URSS.ru</a> |
|   | Тел./факс: 7 (095) 135-42-16<br>Тел./факс: 7 (095) 135-42-46               |

ISBN 5-354-00993-6

© Oxford University Press, 1989

© Г. Г. Малинецкий, предисловие, 2004

© Оригинал-макет, оформление: Едиториал УРСС, 2004

© Перевод на русский язык: Едиториал УРСС, 2002, 2004

Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, а также размещение в Интернете, если на то нет письменного разрешения владельца



# Оглавление

---

---

|  |            |
|--|------------|
| О серии .....  | 3          |
| От редколлегии серии. Синергетика, нелинейность и концепция Роджера Пенроуза ..... | 4          |
| Обращение к читателю .....   | 26         |
| Благодарности .....  | 27         |
| Предисловие .....  | 28         |
| Вступление .....   | 31         |
| Пролог .....   | 37         |
| <b>Глава 1. Может ли компьютер обладать разумом? .....</b>                         | <b>39</b>  |
| Введение .....   | 39         |
| Тест Тьюринга .....  | 41         |
| Искусственный интеллект .....  | 45         |
| Подход к понятиям «удовольствия» и «боли» с позиций ИИ .....                       | 47         |
| Сильный ИИ и китайская комната Серла .....   | 50         |
| «Железо» и «софт» .....  | 55         |
| Примечания .....   | 59         |
| <b>Глава 2. Алгоритмы и машины Тьюринга .....</b>                                  | <b>61</b>  |
| Основы алгоритмов .....  | 61         |
| Концепция Тьюринга .....   | 64         |
| Двоичная запись цифровых данных .....  | 70         |
| Тезис Черча—Тьюринга .....   | 73         |
| Числа, отличные от натуральных .....   | 75         |
| Универсальная машина Тьюринга .....  | 76         |
| Неразрешимость проблемы Гильберта .....  | 81         |
| Как превзойти алгоритм .....   | 86         |
| Лямбда-исчисление Черча .....  | 87         |
| Примечания .....   | 91         |
| <b>Глава 3. Математика и действительность .....</b>                                | <b>94</b>  |
| Страна Тор'Блед-Нам .....  | 94         |
| Действительные числа .....   | 97         |
| Сколько же всего действительных чисел? .....                                       | 99         |
| «Действительность» действительных чисел .....                                      | 101        |
| Комплексные числа .....  | 102        |
| Построение множества Мандельброта .....  | 105        |
| Платоническая реальность математических понятий? .....                             | 107        |
| Примечания .....   | 109        |
| <b>Глава 4. Истина, доказательство и интуиция .....</b>                            | <b>111</b> |
| Программа Гильберта для математики .....   | 111        |
| Формальные математические системы .....  | 113        |

|   |            |
|---|------------|
| Теорема Геделя . . . . .  | 116        |
| Математическая интуиция . . . . .   | 118        |
| Платонизм или интуиционизм? . . . . .   | 121        |
| Теоремы геделевского типа как следствие результатов, полученных Тьюрингом . . . . . | 124        |
| Рекурсивно нумеруемые множества . . . . .   | 126        |
| Является ли множество Мандельброта рекурсивным? . . . . .                           | 130        |
| Некоторые примеры нерекурсивной математики . . . . .                                | 134        |
| Похоже ли множество Мандельброта на нерекурсивную математику? . . . . .             | 139        |
| Теория сложности . . . . .  | 140        |
| Сложность и вычислимость в физических объектах . . . . .                            | 144        |
| Примечания . . . . .  | 145        |
| <b>Глава 5. Классический мир . . . . .</b>  | <b>147</b> |
| Состояние физической теории . . . . .   | 147        |
| Евклидова геометрия . . . . .   | 153        |
| Динамика Галилея и Ньютона . . . . .  | 157        |
| Механистический мир динамики Ньютона . . . . .                                      | 162        |
| Вычислима ли жизнь в бильярдном мире? . . . . .                                     | 164        |
| Гамильтонова механика . . . . .   | 167        |
| Фазовое пространство . . . . .  | 169        |
| Электромагнитная теория Максвелла . . . . .   | 175        |
| Вычислимость и волновое уравнение . . . . .   | 177        |
| Уравнение движения Лоренца; убегающие частицы . . . . .                             | 178        |
| Специальная теория относительности Эйнштейна и Пуанкаре . . . . .                   | 180        |
| Общая теория относительности Эйнштейна . . . . .                                    | 188        |
| Релятивистская причинность и детерминизм . . . . .                                  | 195        |
| Вычислимость в классической физике: где мы находимся? . . . . .                     | 199        |
| Масса, материя и реальность . . . . .   | 199        |
| Примечания . . . . .  | 203        |
| <b>Глава 6. Квантовая магия и квантовое таинство . . . . .</b>                      | <b>207</b> |
| Нужна ли философам квантовая теория? . . . . .                                      | 207        |
| Проблемы с классической теорией . . . . .   | 209        |
| Начало квантовой теории . . . . .   | 210        |
| Эксперимент с двумя щелями . . . . .  | 212        |
| Амплитуды вероятностей . . . . .  | 215        |
| Квантовое состояние частицы . . . . .   | 219        |
| Принцип неопределенности . . . . .  | 223        |
| Эволюционные процедуры $U$ и $R$ . . . . .  | 225        |
| Одна частица — сразу в двух местах? . . . . .                                       | 226        |
| Гильбертово пространство . . . . .  | 230        |
| Измерения . . . . .   | 233        |
| Спин и сфера Римана состояний . . . . .   | 235        |
| Объективность и измеримость квантовых состояний . . . . .                           | 238        |
| Копирование квантового состояния . . . . .  | 239        |
| Спин фотона . . . . .   | 240        |
| Объекты с большим спином . . . . .  | 242        |
| Многочастичные системы . . . . .  | 244        |
| «Парадокс» Эйнштейна, Подольского и Розена . . . . .                                | 247        |
| Эксперименты с фотонами: проблема для специальной теории относительности? . . . . . | 252        |
| Уравнение Шредингера; уравнение Дирака . . . . .                                    | 253        |
| Квантовая теория поля . . . . .   | 255        |
| Кошка Шредингера . . . . .  | 256        |
| Различные точки зрения на существующую квантовую теорию . . . . .                   | 258        |
| К чему мы пришли после всего сказанного? . . . . .                                  | 261        |
| Примечания . . . . .  | 263        |
| <b>Глава 7. Космология и стрела времени . . . . .</b>                               | <b>267</b> |
| Течение времени . . . . .   | 267        |
| Неумолимое возрастание энтропии . . . . .   | 269        |

|  |            |
|--|------------|
| Что такое энтропия? . . . . .                                    | 272        |
| Второе начало в действии . . . . .                               | 276        |
| Источник низкой энтропии во Вселенной . . . . .                  | 279        |
| Космология и Большой взрыв . . . . .                             | 283        |
| Горячий протошар . . . . .                                       | 286        |
| Объясняется ли второе начало Большим взрывом? . . . . .          | 288        |
| Черные дыры . . . . .  | 289        |
| Структура пространственно-временных сингулярностей . . . . .     | 293        |
| Насколько особым был Большой взрыв? . . . . .                    | 297        |
| Примечания . . . . .   | 301        |
| <b>Глава 8. В поисках квантовой теории гравитации . . . . .</b>  | <b>303</b> |
| Зачем нужна квантовая теория гравитации? . . . . .               | 303        |
| Что скрывается за гипотезой о вейлевской кривизне? . . . . .     | 305        |
| Временная асимметрия в редукции вектора состояния . . . . .      | 308        |
| Ящик Хокинга: связь с гипотезой о вейлевской кривизне? . . . . . | 312        |
| Когда происходит редукция вектора-состояния? . . . . .           | 318        |
| Примечания . . . . .   | 321        |
| <b>Глава 9. Реальный мозг и модели мозга . . . . .</b>           | <b>323</b> |
| Как же устроен мозг? . . . . .                                   | 323        |
| Где обитает сознание? . . . . .                                  | 328        |
| Эксперименты при разделенных больших полушариях мозга . . . . .  | 330        |
| «Зрение вслепую» . . . . .                                       | 332        |
| Обработка информации в зрительной коре . . . . .                 | 333        |
| Как работают нервные импульсы? . . . . .                         | 334        |
| Компьютерные модели . . . . .                                    | 336        |
| Пластичность мозга . . . . .                                     | 339        |
| Параллельные компьютеры и «единственность» сознания . . . . .    | 340        |
| Имеет ли квантовая механика отношение к работе мозга? . . . . .  | 342        |
| Квантовые компьютеры . . . . .                                   | 343        |
| За пределами квантовой теории? . . . . .                         | 344        |
| Примечания . . . . .   | 345        |
| <b>Глава 10. Где находится физика ума? . . . . .</b>             | <b>347</b> |
| Для чего нужны умы? . . . . .                                    | 347        |
| Что в действительности делает сознание? . . . . .                | 351        |
| Естественный отбор алгоритмов? . . . . .                         | 354        |
| Неалгоритмическая природа математической интуиции . . . . .      | 356        |
| Вдохновение, озарение и оригинальность . . . . .                 | 358        |
| Невербальность мысли . . . . .                                   | 362        |
| Сознание у животных? . . . . .                                   | 364        |
| Соприкосновение с миром Платона . . . . .                        | 365        |
| Взгляд на физическую реальность . . . . .                        | 367        |
| Детерминизм и жесткий детерминизм . . . . .                      | 368        |
| Антропный принцип . . . . .                                      | 370        |
| «Плиточные» структуры и квазикристаллы . . . . .                 | 371        |
| Возможная связь с пластичностью мозга . . . . .                  | 373        |
| Временные задержки в реакции сознания . . . . .                  | 374        |
| Странная роль времени в сознательном восприятии . . . . .        | 377        |
| Заключение: точка зрения ребенка . . . . .                       | 381        |
| Примечания . . . . .   | 382        |
| <b>Эпилог . . . . .</b>  | <b>383</b> |
| <b>Литература . . . . .</b>                                      | <b>384</b> |
| <b>Иллюстративный материал, используемый в книге . . . . .</b>   | <b>390</b> |
| <b>Именной указатель . . . . .</b>                               | <b>391</b> |
| <b>Предметный указатель . . . . .</b>                            | <b>392</b> |