

Prolog	9
--------	---

Natura czasu, znaczenie entropii i rola kosmologii

Część pierwsza Czas, doświadczenie i Wszechświat

1. Przeszłość jest teraźniejszym wspomnieniem	19
---	----

Czas ma różne znaczenia: określa chwile, jest miarą interwału między zdarzeniami, jest medium, w którym zachodzą zmiany.

2. Ciężka ręka entropii	40
-------------------------	----

Kierunek czasu określa druga zasada termodynamiki: w układzie zamkniętym entropia wzrasta lub jest stała. Entropia jest miarą nieuporządkowania układu.

3. Początek i koniec czasu	63
----------------------------	----

Ewolucja Wszechświata zachodzi w czasie, rozpoczyna się w gorącym i gęstym Wielkim Wybuchu (który być może nie jest prawdziwym początkiem), rozszerza przestrzeń, formując gwiazdy i galaktyki, a w końcu przyspiesza ekspansję, tworząc pustkę.

Część druga Czas w einsteinowskim wszechświecie

4. Czas jest osobisty	91
-----------------------	----

Szczególna teoria względności Einsteina. Nie można poruszać się szybciej od światła w próżni; poruszamy się w czasoprzestrzeni

wewnątrz stożka świetlnego. Czas mierzy okres trwania tego ruchu wzdłuż różnych trajektorii.

5. Czas jest elastyczny 109

Ogólna teoria względności Einsteina. Czasoprzestrzeń jest zakrzywiona, a my odczuwamy to jako grawitację. Źródłem czarnych dziur i ekspansji Wszechświata jest krzywizna czasoprzestrzeni.

6. Zapętłając się w czasie 123

Zamknięte krzywe czasopodobne umożliwiają przeniesienie się do przeszłości bez naruszania teorii względności. Wehikuł czasu działający na takiej zasadzie niekoniecznie musi powodować paradoksy, ale jego konstrukcja mogłaby być niemożliwa ze względu na prawa fizyki.

Część trzecia

Entropia i strzałka czasu

7. Odwracając czas 157

Podstawowe prawa fizyki, tak jak je rozumiemy, zachowują informację: przyszłość i przeszłość mogą być przewidywane i odtwarzane dzięki zupełnej wiedzy o stanie teraźniejszym. Procesy mikroskopowe są odwracalne.

8. Entropia i nieporządek 186

Ludwig Boltzmann stworzył nasz współczesny pogląd na entropię jako ilość możliwych sposobów rozmieszczenia mikroskopowych składników wewnątrz układu makroskopowego bez zmiany jego cech makroskopowych. Entropia w sposób naturalny wzrasta, ale tylko gdy uwzględniamy „hipotezę przeszłości”, która głosi, że Wszechświat powstał w stanie o bardzo niskiej entropii.

9. Informacja i życie 230

Wzrost entropii jest naszym źródłem doświadczania życia: możliwości pamiętania przeszłości, metabolizowania energii swobodnej i przetwarzania informacji.

10. Powracające koszmary 258

Układ skończony większość czasu spędza w położeniu równowagi mającym bardzo dużą entropię, sporadycznie fluktuując do stanów o niższej entropii. Skończony wszechświat trwający wiecznie zachowywałby się w taki właśnie sposób, a większość obserwatorów stanowiłyby bezcielesne „boltzmannowskie mózgi”

11. Czas kwantowy 290

Mechanika kwantowa zakłada, że możemy zaobserwować znacznie mniej faktów, niż ich zachodzi. Akt obserwacji wydaje się nieodwracalny. Jedną z interpretacji zakłada pozorność nieodwracalności, ponieważ istniejemy na różnych „odgałęzieniach funkcji falowej”, które tracą kontakt z innymi odgałęzieniami.

Część czwarta Od kuchni do wieloświata

12. Czarne dziury: końce czasu 327

Stephen Hawking wykazał, że czarne dziury nie są całkiem czarne: emitują promieniowanie. Wskazuje to, że mają entropię i że w końcu zupełnie wyparują. Czarne dziury stanowią główny trop wiążący entropię z grawitacją.

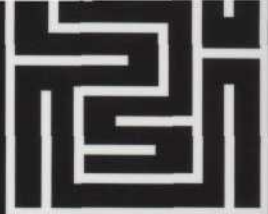
13. Życie Wszechświata 361

Blisko Wielkiego Wybuchu entropia Wszechświata była ekstremalnie mała. Zwiększała się w miarę rozszerzania się Wszechświata, w miarę jak grawitacja skupiała materię do postaci gwiazd, galaktyk i czarnych dziur. Stale jest jednak mniejsza, niż mogłaby być; stan o naprawdę dużej entropii wyglądałby jak pusta przestrzeń.

14. Inflacja i multiświat 396

Regularny stan wczesnego Wszechświata można wyjaśnić za pomocą inflacji – okresu ogromnie przyspieszonej ekspansji na początku. Pojawienie się inflacji wskazywało jednak, że Wszechświat powstał w stanie o bardzo niskiej entropii, zatem sama inflacja nie daje odpowiedzi na nasze pytanie. Otwiera jednak nowe możliwości w postaci wiecznej inflacji i multiświata.

15. Do przeszłości przez jutro (<i>The past through tomorrow</i>)	426
Istnieje kilka wyjaśnień obserwowanej strzałki czasu w naszym Wszechświecie, między innymi nieodwracalne podstawowe prawa fizyki oraz warunki graniczne istniejące obok praw podstawowych. Aby wyjaśnić strzałkę tylko za pomocą odwracalnych praw, musimy umieścić nasz Wszechświat wewnątrz symetrycznego względem czasu multiświata. Ten i inne spekulatywne scenariusze są przedmiotem obecnie prowadzonych badań.	
16. Epilog	460
Początek Wszechświata i strzałka czasu są głównymi nierozwiązanymi zagadnieniami wiodącymi ku zrozumieniu mechanizmów działania świata naturalnego. Są jednak ważne powody, by przypuszczać, że pewnego dnia zostaną one rozwiązane za pomocą praw fizyki. Dzięki poszukiwaniu tego rozwiązania to wszystko ma sens.	
Dodatek: Matematyka	472
Podziękowania	480
Przypisy	483
Bibliografia	543
Indeks	562



SEAN CARROLL jest fizykiem teoretykiem pracującym w California Institute of Technology (Caltech). Po otrzymaniu tytułu doktora na Uniwersytecie Harvarda prowadził dalsze badania w Massachusetts Institute of Technology (MIT), w Instytucie Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Kalifornijskiego w Santa Barbara i na Uniwersytecie w Chicago. Autor wielu prac matematycznych, a także poświęconych ciemnej materii i ciemnej energii.

W książce *Stąd do wieczności i z powrotem*, Sean Carroll, jeden z najwybitniejszych współczesnych fizyków, wyjaśnia działanie Wszechświata w oparciu o najbardziej tajemniczą własność czasu – fakt, że ma on kierunek (strzałka czasu). Proste złamanie symetrii prowadzi do zrozumienia głębokich tajemnic naszego i innych wszechświatów. Strzałka czasu, skierowana od przeszłości ku przyszłości, zawdzięcza istnienie warunkom, jakie panowały przed Wielkim Wybuchem. Carroll sugeruje, że nasz Wszechświat jest częścią wielkiej rodziny wszechświatów, w których niektórzy nasi odpowiednicy doświadczają strzałki czasu skierowanej w przeciwnym kierunku.

Sean Carroll zмага się z zagadnieniami, które będą grać kluczową rolę w następnym wielkim przełomie w naszej wiedzy o Wszechświecie.

Brian Greene – autor Piękna Wszechświata

Obowiązkowa lektura dla każdego, kto kiedykolwiek zastanawiał się nad naturą czasu.

Kip S. Thorne – autor Czarnych dziur i krzywizn czasu

Wspaniała relacja o jednej z największych tajemnic współczesnej fizyki.

Roger Penrose – autor Drogi do rzeczywistości oraz Cyklów czasu