

ленная полна черных дыр — коллапсирующих тел, чье существование выдают только их гравитационные поля или энергия, освобождающаяся при втягивании материи¹⁾. Надежда наблюдения гравитационного коллапса в основном связывается с двойной звездой, один из партнеров которой обычная видимая звезда, а другой партнер — черная дыра (см., например, [73, 74]).

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Релятивистская астрофизика в ОТО

Quasars and High Energy Astronomy, ed. K. N. Douglas, I. Robinson. A. Schild, E. L. Schucking, J. A. Wheeler and N. J. Woolf, Second «Texas» Symposium on Relativistic Astrophysics, Gordon and Breach, 1969.

High Energy Astrophysics, ed. L. Gratton, Proceedings of the International School of Physics «Enrico Fermi», Course XXXV, Academic Press, 1966.

Quasi-Stellar Sources and Gravitational Collapse, ed. I. Robinson, A. Schild and E. L. Schucking, First «Texas» Symposium on Relativistic Astrophysics, University of Chicago Press, 1965.

Зельдович Я. Б., Новиков И. Д., УФН, 84, 377 (1964); 86, 447 (1965).

Зельдович Я. Б., Новиков И. Д., Теория тяготения и эволюция звезд, «Наука», 1971.

Я сожалею, что последней книги, охватывающей чрезвычайно много вопросов, еще не было во время написания этой главы.

Нерелятивистская теория звездных структур

Chandrasekhar S., An Introduction to the Study of Stellar Structure. Dover Publications, 1939 (см. перевод: Чандрасекар Ш., Введение в учение о строении звезд, ИЛ, 1950).

Salpeter E. E., Stellar Structure Leading up to White Dwarfs and Neutron Stars, в книге Relativity Theory and Astrophysics. 3. Stellar Structure, ed. J. Ehlers, American Mathematical Society, 1967, p. 1.

Schwarzschild M., Structure and Evolution of the Stars, Princeton University Press, 1958 (см. перевод: Шварцшильд М., Строение и эволюция звезд, ИЛ, 1961).

Пульсары и нейтронные звезды

Cameron A. G. W., Neutron Stars, в книге Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Vol. 8, ed. L. Goldberg, Annual Reviews, Inc., 1970, p. 179.

Cameron A. G. W., How Are Neutron Stars Formed? Comments Astrophys. and Space Phys., 1, 172 (1969).

Frautschi S., Bahcall J. N., Steigman G., Wheeler J. C., Ultradense Matter Comments Astrophys. and Space Phys., 3, 121 (1971).

Ginzburg V. L., Superfluidity and Superconductivity in Astrophysics, Comments Astrophys. and Space Phys., 1, 81 (1969).

Gold T., The Nature of Pulsars, в книге Contemporary Physics — Trieste Symposium 1968, ed. A. Salam, Vol. 1, International Atomic Energy Agency, 1969, p. 477.

Hewish A., Pulsars, в книге Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Vol. 8, ed. L. Goldberg, Annual Reviews, Inc., 1970, p. 265.

Ландау Л. Д., Либшиц Е. М., Статистическая физика, Физматгиз, 1964, гл. 11.

¹⁾ Гравитационное излучение от осциллирующих черных дыр рассмотрено в статье [71]. Гравитационное излучение от вещества, падающего в черные дыры, рассмотрено в [72].

- Ostriker J. P.*, The Nature of Pulsars, *Scientific American*, January 1971, p. 48.
Ruderman M. A., Solid Stars, *Scientific American*, March 1971, p. 24.
 Symposium on the Crab Pulsar, *Publ. Astron. Soc. Pac.*, 82, № 486 (1970).
Wheeler J. A., Superdense Stars, в книге *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, Vol. 4, ed. L. Goldberg, *Annual Reviews, Inc.*, 1966, p. 393.

Сверхтяжелые объекты

- Wagoner R. V.*, Physics of Massive Objects, в книге *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, Vol. 7, ed. L. Goldberg, *Annual Reviews, Inc.*, 1969, p. 553.

Гравитационный коллапс

- Harrison B. K., Thorne K. S., Wakano M., Wheeler J. A.*, *Gravitational Theory and Gravitational Collapse*, University of Chicago Press, 1965 (см. перевод: *Уилер Дж., Гаррисон Б., Вакано М., Торн К.*, Теория гравитации и гравитационный коллапс, «Мир», 1967).
Hawking S. W., Sciama D. W., Singularities in Collapsing Stars and Expanding Universes, *Comments Astrophys. and Space Phys.*, 1, 1 (1969).
Geroch R., Singularities, в книге *Relativity — Proceedings of the Relativity Conference in the Midwest*, ed. M. Carmeli, S. I. Fickler and L. Witten, Plenum Press, 1970, p. 259.
May M. M., White R. H., Hydrodynamic Calculations of General Relativistic Collapse, в книге *Relativity Theory and Astrophysics. 3. Stellar Structure* (см. выше), p. 96.
Misner C. W., Gravitational Collapse, в книге *Astrophysics and General Relativity* (1968 Brandies University Summer Institute in Theoretical Physics), Vol. 1, ed. M. Chretien, S. Deser and J. Goldstein, N. Y. 1969.
Penrose R., On Gravitational Collapse, в книге *Contemporary Physics—Trieste Symposium* 1968, ed. A. Salam, Vol. 1, International Atomic Energy Agency, 1969, p. 545.
Penrose R., Structure of Space-Time, в книге *Batelle Rencontres*, ed. C. M. DeWitt and J. A. Wheeler, W.A. Benjamin, 1968, p. 121 (см. перевод: *Пенроуз Р.*, Структура пространства-времени, «Мир», 1972).
Thorne K. S., Nonspherical Gravitational Collapse: Does it Produce Black Holes?, *Comments Astrophys. and Space Phys.*, 2, 191 (1970).
Ruffini R., Wheeler J. A., Introducing the Black Hole, *Phys. Today*, 30 (January 1971), p. 30.
Wheeler J. A., Geometrodynamics and the Issue of the Final State, в книге *Relativity, Groups, and Topology*, ed. C. DeWitt and B. DeWitt, Gordon and Breach Science Publ., 1964, p. 317.
 По поводу квазаров см. литературу к гл. 14.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Harrison B. K., Thorne K. S., Wakano M., Wheeler J. A.*, *Gravitation Theory and Gravitational Collapse*, University of Chicago Press, 1965, Appendix B (см. перевод: *Уилер Дж., Гаррисон Б., Вакано Н., Торн К.*, Теория гравитации и гравитационный коллапс, «Мир», 1967).
2. *Bardeen J. M.*, Ph.D. Thesis, California Institute of Technology, 1965, не опубликовано.
3. *Hartle J. B., Thorne K. S.*, Ap. J., 158, 179 (1969)*.
4. *Morse P. M., Feshbach H.*, *Methods of Mathematical Physics*, McGraw-Hill, 1953, p. 278 (см. перевод: *Морс Ф. М., Фешбах Г.*, Методы теоретической физики, т. 1, ИЛ, 1958).

* Ap. J.—Astrophys. Journ.—Прим. ред.

5. Chandrasekhar S., *Stellar Structure*, Dover Publ., 1939, Ch. IV (см. перевод: Чандraseкар Ш., Введение в учение о строении звезд, ИЛ, 1950, гл. 4).
6. Ritter A., Wiedemann Ann., **11**, 332 (1880).
7. Betti E., Nuovo Cimento, **7**, 26 (1880).
8. Ledoux P., в книге Stars and Stellar Structure VIII: Stellar Structure, ed. L. H. Aller and D. B. McLaughlin, Chicago, 1965, Ch. 10.
9. Chandrasekhar S., Ap. J., **140**, 417 (1964).
10. Chandrasekhar S., Mon. Not. Roy. Astron. Soc., **95**, 207 (1935).
11. Ландау Л. Д., Phys. Zs. Sowjetunion, **1**, 285 (1932).
12. Oppenheimer J. R., Volkoff G. M., Phys. Rev., **55**, 374 (1939).
13. Baade W., Zwicky F., Proc. Nat. Acad. Sci. U.S., **20**, 254 (1934).
14. Oppenheimer J. R., Serber R., Phys. Rev., **54**, 540 (1938).
15. Tolman R. C., Phys. Rev., **55**, 364 (1939).
16. Misner C. W., Zapolsky H. S., Phys. Rev. Lett., **12**, 635 (1964).
17. Leung Y. C., Wang C. G., Astrophys. J., **170**, 499 (1972).
18. Wang C. G., Rose W. K., Schlenker S. L., Ap. J., **160**, L17 (1970).
19. Lee H., Leung Y. C., Wang C. G., Ap. J., **166**, 387 (1971).
20. Tsuruta S., Cameron A. G. W., Canadian J. Phys., **44**, 1895 (1966).
21. Cameron A. G. W., Ann. Rev. Astron. and Astrophys., **8**, 179 (1970).
22. Ruderman M., Nature, **223**, 597 (1969).
23. Midgal A. B., Nucl. Phys., **13**, 655 (1959).
24. Canuto V., Chiu H. Y., Phys. Rev., **173**, 1210, 1220, 1229 (1968).
25. Hartle J. B., Ap. J., **150**, 1005 (1967).
26. Hartle J. B., Thorne K. S., Ap. J., **153**, 807 (1968); **158**, 719 (1969).
27. Hewish A., Bell S. J., Pilkington J. D. H., Scott P. F., Collins R. A., Nature, **217**, 709 (1968).
28. Gold T., Nature, **218**, 731 (1968).
29. Hewish A., Ann. Rev. Astron. and Astrophys., **8**, 265 (1970).
30. Hoyle F., Fowler W. A., Mon. Not. Roy. Astron. Soc., **125**, 169 (1963); Nature, **197**, 533 (1963).
31. Hoyle F., Fowler W. A., Burbidge G. R., Burbidge E. M., Ap. J., **139**, 909 (1964).
32. Fowler W. A., в книге Quasi-Stellar Sources and Gravitational Collapse, University of Chicago Press, 1965, p. 56, Eq. (24).
33. Schwarzschild K., Sitzungsberichte Preuss. Akad. Wiss., **424** (1916).
34. Bondi H., Proc. Roy. Soc., **A281**, 39 (1964); Lectures on General Relativity, Prentice-Hall, ed. S. Deser and K. W. Ford, 1964, p. 375.
35. Ruderman M. A., Phys. Rev., **172**, 1286 (1968).
36. Bludman S. A., Ruderman M. A., Phys. Rev., **170**, 1176 (1968).
37. Bludman S. A., Ruderman M. A., Phys. Rev., **D1**, 3243 (1970).
38. Бисноватый-Коган Ж. С., Зельдович Я. Б., Астрофизика, **5**, 223 (1969).
39. Bisnovatyi-Kogan G. S., Thorne K. S., Ap. J., **160**, 875 (1970).
40. Fackerell E. D., Ippen J. R., Thorne K. S., Comments Astrophys. and Space Phys., **1**, 140 (1969).
41. Hoyle F., Fowler W. A., Nature, **213**, 373 (1967).
42. Zapolsky H. S., Ap. J., **153**, L163 (1968).
43. Birkhoff G., Relativity and Modern Physics, Harvard University Press, 1923, p. 253.
44. Deser S., Laurent B. E., Am. J. Phys., **36**, 789 (1968).
45. Tolman R. C., Proc. Nat. Acad. USA, **20**, 3 (1934).
46. Oppenheimer J. R., Snyder H., Phys. Rev., **56**, 455 (1939).
47. Klein O., в книге Werner Heisenberg und die Physik unserer Zeit, Vieweg, 1961.
48. Hoyle F., Fowler W. A., Burbidge G. R., Burbidge E. M., Ap. J., **139**, 909 (1964).
49. Hoyle F., Fowler W. A., в книге Quasi-Stellar Sources and Gravitational Collapse, ed. I. Robinson et al., Chicago, 1965.
50. Misner C. W., Sharp D. H., Phys. Rev., **136**, B571 (1964).

51. *McVittie G. C.*, Ap. J., **140**, 401 (1964).
52. *McVittie G. C.*, Ann. Inst. Henri Poincaré, **6**, № 1 (1967).
53. *May M. M.*, *White R. H.*, Phys. Rev., **141**, 1232 (1966).
54. *Colgate S. A.*, *White R. H.*, Ap. J., **143**, 626 (1966).
55. *Cohen J. M.*, Phys. Rev., **173**, 1258 (1966).
56. *Fujimoto M.*, Ap. J., **152**, 523 (1968).
57. *de la Cruz V.*, *Chase J. E.*, *Israel W.*, Phys. Rev. Lett., **24**, 423 (1970).
58. *Carter B.*, Phys. Rev. Lett., **26**, 331 (1971).
59. *Lichnerowicz A.*, Théories relativistes de la gravitation, Masson, 1955.
60. *Deser S.*, Compt. Rend., **264**, 805 (1967).
61. *Israel W.*, Phys. Rev., **164**, 1776 (1967).
62. Дорошкевич А. Ж., Вельдович Я. Б., Новиков И. Д., ЖЭТФ, **49**, 170 (1965).
63. *Wald R. M.*, Phys. Rev. Lett., **26**, 1653 (1971).
64. *Hoyle F.*, *Fowler W.*, Nature, **197**, 533 (1963).
65. *Dyson F. J.*, Comments Astrophys. and Space Phys., **1**, 75 (1969).
66. *Leibovitz C.*, *Israel W.*, Phys. Rev., **1**, 3226 (1970).
67. *Penrose R.*, Riv. Nuovo Cimento, **1**, Numero Speciale, 252 (1969).
68. *Penrose R.*, Phys. Rev. Lett., **14**, 57 (1965).
69. *Hawking S. W.*, Proc. Roy. Soc., **A294**, 511 (1966); **A295**, 490 (1966); **A300**, 187 (1967); **A308**, 433 (1967).
70. *Hawking S. W.*, *Penrose R.*, Proc. Roy. Soc., **A314**, 529 (1970).
71. *Press W. H.*, Ap. J., **170**, L105 (1971).
72. *Davis M.*, *Ruffini R.*, *Press W. H.*, *Price R. H.*, Phys. Rev. Lett., **27**, 1466 (1971).
73. *Cameron A. G. W.*, Nature, **229**, 178 (1971).
74. *Wilson R. E.*, Ap. J., **170**, 529 (1971).