

прекращается и она начинает сжиматься. Если принимать такие модели буквально, то в них требуется, чтобы через некоторое конечное время в будущем порядка $75 \cdot 10^9$ лет при $H_0 = 75$ км/(с·Мпс) и $q_0 = 1$ достигалась сингулярность $R = 0$. Если все же отрицательная плотность энергии, анизотропия или квантовые эффекты приводят к возможности избежать этой сингулярности в прошлом, то, по-видимому, такая возможность должна быть и в будущем. В этом случае можно было бы предположить, что Вселенная совершает осцилляции с вечно сменяющимися периодами расширения и сжатия. Могут ли эти осцилляции быть периодическими? Иначе говоря, можем ли мы прийти к стационарной картине Вселенной, рассматривая космическую историю в достаточно больших масштабах времени? Одно очевидное возражение состоит в том, что при каждом цикле энтропия, по-видимому, растет, а не убывает. Высказывалась мысль, что энтропия, возможно, убывает в фазах сжатия [340]¹⁾, поскольку именно расширение Вселенной, вызывая остывание, устанавливает направление времени в термодинамических процессах. Однако нет никакой разработанной модели, которая описывала, как это, хотя бы примерно, может происходить. В частности, трудно представить себе, как это направление времени могло бы измениться на обратное как раз в тот момент, когда $R(t)$ достигает своего максимального значения и когда температура фонового излучения так мала (порядка 1 К), что оно вряд ли может влиять на земные процессы. Если все же каким-то образом второе начало термодинамики может быть обойдено, то любые частицы, которые не приходят в тепловое равновесие в течение фазы сжатия, как (быть может) гравитоны или нейтрино, должны существовать в больших количествах: если в данном сопутствующем объеме в течение каждого цикла рождается N частиц и если вероятность поглощения одной такой частицы в течение цикла равна P , то в этом объеме должно быть в среднем N/P частиц для того, чтобы концентрация их была более или менее постоянной. Поэтому не исключается, что когда-нибудь мы, возможно, обнаружим остатки предыдущих циклов истории Вселенной. Однако в настоящее время подобные вопросы остаются космологическими фантазиями.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ²⁾

См. литературу к гл. 11 и 14. Ниже приведены основные книги и статьи по специальным вопросам этой главы.

¹⁾ См. также [341] и статьи в книге [342].

²⁾ Здесь и далее работы, отмеченные звездочками, добавлены редактором перевода и переводчиками. — *Прим. ред.*

Средняя плотность Вселенной

- Abell G. O.*, Clustering of Galaxies, Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Vol. 3, ed. L. Goldberg, Annual Reviews, Inc., 1965, p. 1.
- Burbidge G., Sargent W. L. W.*, The Case of the Missing Mass, Comments Astrophys. and Space Phys., 1, 220 (1969).
- Sunyaev R. A., Zeldovich Ya. B.*, An Open Universe? Comments Astrophys. and Space Phys., 1, 159 (1969).

Межгалактическая среда

- Burbidge G. R.*, Intergalactic Matter and Radiation, I.A.U. Symposium No. 44, Uppsala, Sweden, August 1970 (Dodrecht., Netherlands 1972), p. 520.
- Field G. B.*, The Physics of the Interstellar and Intergalactic Medium, в книге Astrophysics and General Relativity (1968 Brandeis University Summer Institute in Theoretical Physics), Vol. 1. ed. M. Chretien, S. Deser, and J. Goldstein, N. Y., 1969, p. 59.
- Field G. B.*, Intergalactic Matter, в книге Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Annual Reviews, Inc., 1972.
- Gould R. J.*, Intergalactic Matter and Radiation, в книге Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Vol. 6, ed. L. Goldberg, Annual Reviews, Inc., 1968, p. 195.

Космический микроволновый фон

- Partridge R. P.*, American Scientist, 57, 3 (1969).
- Peebles P.J.E.*, Cosmology and Infrared Astronomy: Closing the Gap between Theory and Practice, Comments Astrophys. and Space Phys., 3, 20 (1971).
- Sunyaev R. A., Zeldovich Ya. B.*, The Spectrum of Primordial Radiation, its Distortions and their Significance, Comments Astrophys. and Space Phys., 2, 66 (1970).
- **Penzias A. A.* Cosmology and Microwave Astronomy, в книге Cosmology, Fusion and Other Matters, George Gamow Memorial Volume, Adam Hilger Ltd., London, 1972, p. 29.

Ранняя Вселенная

- Harrison E. R.*, Comments on the Big-bang, Nature, 228, 258 (1970).
- Novikov I. D., Zeldovich Ya. B.*, Cosmology, в книге Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Vol. 5, Annual Reviews, Inc., 1967, p. 627.
- Zeldovich Ya. B.*, The Universe as a Hot Laboratory for the Nuclear and Particle Physicist, Comments Astrophys. and Space Phys., 2, 12 (1970).
- Зельдович Я. Б.*, Горячая модель Вселенной, УФН, 89, 647 (1966).

Происхождение и содержание элементов

- Aller L. H.*, Abundance of the Elements, Interscience Publishers, 1961.
- Aller L. H.*, The Abundance of Elements in the Solar Atmosphere, в книге Advances in Astronomy and Astrophysics, Vol. 3, Academic Press, 1965, p. 1.
- Burbidge G. R.*, Cosmic Helium, Comments Astrophys. and Space Phys., 1, 101 (1969).
- Cameron A. G.*, Processes of Nucleosynthesis, Comments Astrophys. and Space Phys., 2, 153 (1970).

- Clayton D. D.*, Principles of Stellar Evolution and Nucleosynthesis, McGraw-Hill, 1968.
- Danziger I. J.*, The Cosmic Abundance of Helium, в книге Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Vol. 8, Annual Reviews, Inc., 1970, p. 161.
- Fowler W. A.*, How Now, No Cosmological Helium?, Comments Astrophys. and Space Phys., 2, 134 (1970).
- Fowler W. A.*, *Stephens W. E.*, Resource Letter OE-1 on Origin of Elements, Am. J. Phys., 36, 1 (1968).
- Taylor R. J.*, The Origin of the Elements, перепечатано в книге Astrophysics, W.A. Benjamin, 1969.
- * *Fowler W. A.*, «New Observations and Old Nucleocosmochronologies», в книге Cosmology, Fusion and Other Matters. George Gamow Memorial Volume, Adam Hilger Ltd., 1972, p. 67.

Флуктуации и образование галактик

- Field G. B.*, The Formation and Early Dynamical History of Galaxies, в книге Stars and Stellar Systems, Vol. IX: Galaxies and the Universe, ed. A. and M. Sandage, в печати.
- Harrison E. R.*, Normal Modes of Vibration of the Universe, Rev. Mod. Phys., 39, 862 (1967).
- Layzer D.*, Cosmogonic Processes, в книге Astrophysics and General Relativity (1968 Brandeis University Summer Institute in Theoretical Physics), Vol. 2, ed. M. Chretien, S. Deser, J. Goldstein, Gordon and Breach Science Publishers, 1969.
- Layzer D.*, A Unified Approach to Cosmology, в книге Relativity Theory and Astrophysics. 1. Relativity and Cosmology, ed. J. Ehlers, American Mathematical Society, 1967, p. 237.
- Oort J. H.*, Galaxies and the Universe, Science, 170, 1363 (1970).
- Rees M. J.*, *Sciama D. W.*, The Evolution of Density Fluctuations in the Universe, Comments Astrophys. and Space Phys., 1, 140, 153 (1969).

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА ¹⁾

- Friedmann A.*, Zs. Phys., 10, 377 (1922); 21, 326 (1924) [см. перевод этих статей в УФН, 80, 439, 446 (1963)].
- McCrea W. H.*, *Milne E. A.*, Quart. J. Math. (Oxford), 5, 73 (1934).
- Milne E. A.*, Quart. J. Math. (Oxford), 5, 64 (1934).
- Abell G. O.*, Ann. Rev. Astron. Astrophys., 3 (1965).
- Burbidge G. R.*, *Sargent W. L. W.*, Comments Astrophys. and Space Phys., 1, 220 (1969).
- Kiang T.*, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 122, 263 (1961).
- Zwicky F.*, Helv. Phys. Acta, 6, 110 (1933).
- Burbidge E. M.*, *Burbidge G. R.*, *Fish R. A.*, Ap. J., 133, 393 (1961).
- Oort J. H.*, в книге La Structure et L'Evolution de l'Univers, Institut International de Physique Solvay, ed. R. Stoops, 1958, p. 163.
- Van den Bergh S.*, Zs. Astrophys., 66, 567 (1961).
- Noonan T. W.*, Pub. Astron. Soc. Pac., 83, 31 (1971).
- Shapiro S. L.*, Astron. J., 76, 291 (1971).
- Burbidge G. R.*, *Burbidge E. M.*, Ap. J., 130, 629 (1959).
- Караченцев И. Д.*, Астрофизика, 2, 81 (1966).
- Van den Bergh S.*, Zs. Astrophys., 53, 219 (1961).
- Gursky H.*, *Kellogg E.*, *Murray S.*, *Leong C.*, *Tanenbaum H.*, *Giacconi R.* Ap. J., 167, L81 (1971).

¹⁾ Ap. J = Astrophys. J. — Ред.

17. Meekins J. F., Fritz G., Chubb T. A., Friedman H., Henry R. C., Nature, 231, 107 (1971).
18. Felton T. F., Gould R. J., Stein W. A., Woolf N. J., Ap. J., 146, 955 (1966).
19. Woolf N. J., Ap. J., 148, 287 (1967).
20. Turnrose B., Rood H. J., Ap. J., 159, 773 (1970).
21. Noerdlinger P. D., Nature, 232, 393 (1971).
22. Gott J. R., III, Gunn J. E., Ap. J., 169, L13 (1971).
23. Welch G. A., Sastry G. N., Ap. J., 169, L3 (1971).
24. Goldsmith D., Silk J., Ap. J., 172, 563 (1972).
25. Field G. B., Ann. Rev. Astron. and Astrophys., Annual Reviews, Inc. Palo Alto, Cal., 1972.
26. Амбарцумян В. А., Изв. АН Арм. ССР, сер. физ. мат. 11, 9 (1958).
27. Roach F. E., Smith L. L., Geophys. J. Roy. Astron. Soc., 15, 227 (1968).
28. Peebles P. J. E., Partridge R. B., Ap. J., 148, 713 (1967).
29. Ryle M., Ann. Rev. Astron. and Astrophys., 6, 256 (1968).
30. Davidson W., Narlikar J. V., в книге Astrophysics, W.A. Benjamin, 1969, § 2.5, 2.6.
31. Felten J. E., Ap. J., 144, 241 (1966).
32. de Vaucouleurs G., Ann. Astrophys., 12, 162 (1949).
33. Brecher K., Burbidge G., Comments Astrophys. and Space Phys., 2, 75 (1970).
34. Гинзбург В. Л., Сыроватский С. И., Происхождение космических лучей, Изд-во АН СССР, 1963.
35. Field G. B., Rees M. J., Sciama D. W., Comments Astrophys. and Space Phys., 1, 187 (1969).
36. Sciama D. W., Field G. B., Rees M. J., Phys. Rev. Lett., 23, 241 (1969).
37. Rees M. J., Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 154, 187 (1971).
38. Longair M. S., Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 133, 421 (1966).
39. Doroshkevich A. G., Longair M. S., Zeldovich Ya. B., Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 147, 139 (1970).
40. Schmidt M., Ap. J., 151, 393 (1968); Ann. Rev. Astron. and Astrophys., 7, 527 (1969); Ap. J., 162, 371 (1970).
41. Rutherford E., Nature, 123, 313 (1929).
42. Patterson C. C., Geochim et Cosmochim. Acta, 10, 230 (1956).
43. Ostic R. G., Russell R. D., Reynolds D. H., Nature, 199, 1150 (1963).
44. Burbidge E. M., Burbidge G. R., Fowler W. A., Hoyle F., Rev. Mod. Phys., 29, 547 (1957).
45. Fowler W. A., Hoyle F., Ann. Phys., 10, 280 (1960).
46. Seeger P. A., Schramm D. N., Ap. J., 160, L157 (1970).
47. Clayton D. D., Ap. J., 139, 637 (1964).
48. Dicke R. H., Nature, 194, 329 (1962); Ap. J., 155, 123 (1969).
49. Iben I., Jr., Scientific American, July 1970, p. 27.
50. Iben I., Jr., Rood R. T., Nature, 223, 933 (1969); Ap. J. 161, 587 (1970).
51. Rindler W., Mon. Not. Roy. Ast. Soc., 116, 663 (1956).
52. Schiff L. I., Quantum Mechanics, 3rd ed., McGraw-Hill, 1968, p. 534 (см. перевод 1-го изд.: Шифф Л. И., Квантовая механика, ИЛ, 1959, стр. 494).
53. Einstein A., Phys. Zs., 18, 121 (1917).
54. Field G. B., Ap. J., 129, 525 (1959).
55. Field G. B., Ap. J., 135, 684 (1962).
56. Koehler J. A., Robinson B. J., Ap. J., 146, 488 (1966).
57. Goldstein S., Ap. J., 138, 978 (1963).
58. Allen R., Astron. and Astrophys., 3, 316, 382 (1969).
59. Penzias A. A., Scott E. H., III, Ap. J., 153, L7 (1968).
60. Davies R. D., Jennison R. C., Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 128, 123 (1964).
61. Koehler J. A., Ap. J., 146, 504 (1966).
62. Heiles C., Milefi G. K., Ap. J., 160, L83 (1970).

63. *Penzias A. A., Wilson R. W.*, *Ap. J.*, **156**, 799 (1969).
64. *Gunn J. E., Peterson B. A.*, *Ap. J.*, **142**, 1633 (1965).
65. *Scheuer P. A. G.*, *Nature*, **207**, 963 (1965).
66. *Oke J. B.*, *Ap. J.*, **145**, 668 (1966).
67. *Burbidge G., Burbidge M. E.*, *Quasi-Stellar Objects*, W.H. Freeman and Co., 1967.
68. *Wampler E. J.*, *Ap. J.*, **147**, 1 (1967).
69. *Field G. B., Solomon P. M., Wampler E. J.*, *Ap. J.*, **145**, 351 (1966).
70. *Bahcall J. N., Salpeter E. E.*, *Ap. J.*, **142**, 1677 (1965).
71. *Wagoner R. V.*, *Ap. J.*, **149**, 465 (1967).
72. *Peebles P. J.*, *Ap. J.*, **157**, 45 (1969).
73. *Burbidge G. R., Burbidge M.*, *Nature*, **222**, 735 (1969); *Ann. Rev. Astron and Astrophys.*, **8**, 309 (1970).
74. *Шкловский И. С.*, *Астрон. журн.*, **46**, 865 (1969).
75. *Rees M.*, *Ap. J.*, **160**, L29 (1970).
76. *Burbidge G. B.*, I.A.U. Symposium No. 44, *External Galaxies and Quasi-Stellar Objects*, Uppsala, Sweden, August, 1970.
77. *Bahcall J. N.*, *Comments Astrophys. and Space Phys.*, **2**, 221 (1970).
78. *Karzas W. J., Laiter R.*, *Ap. J. Suppl.*, **6**, 167 (1961).
79. *Field G. B., Henry R. C.*, *Ap. J.*, **140**, 1002 (1964).
80. *Brecher K., Burbidge G.*, *Comments Astrophys. and Space Phys.*, **2**, 75 (1970).
81. *Schwartz D. A.*, *Ap. J.*, **162**, 439 (1970).
82. *Cowsik R.*, 12th International Conference on Cosmic Rays (Hobart, Tasmania, August, 1971).
83. *Cowsik R., Kobetich R. J.*, *Ap. J.*, **177**, 585 (1972).
84. *Гинзбург В. Л., Озерной Л. М.*, *Астрон. журн.* **42**, 943 (1965).
85. *Gould R. J., Ramsay W.*, *Ap. J.*, **144**, 587 (1966).
86. *Weymann R.*, *Ap. J.*, **145**, 560 (1966); **147**, 887 (1967).
87. *Arons J., McCray R.*, *Astrophys. Lett.*, **5**, 123 (1969).
88. *Bergeron J.*, *Astron. and Astrophys.*, **3**, 364 (1969).
89. *Noerdlinger P. D.*, *Ap. J.*, **156**, 841 (1969).
90. *Felten J. E., Bergeron J.*, *Astrophys. Lett.*, **4**, 155 (1969).
91. *Rees M. J.*, *Astrophys. Lett.*, **4**, 61 (1969).
92. *Bahcall J. N., Salpeter E. E.*, *Ap. J.*, **142**, 1677 (1965).
93. *Haddock F. T., Sciama D. W.*, *Phys. Rev. Lett.*, **14**, 1007 (1965).
94. *Spitzer L., Jr.*, *Physics of Fully Ionized Gases*, Interscience Publishers, 1956, Ch. 4 (см. перевод: *Снумцер Л.*, *Физика полностью ионизованного газа*, ИЛ, 1957).
95. *Kellerman K. I., Pauliny-Toth I. I. K.*, *Ann. Rev. Astron. and Astrophys.*, **6**, 417 (1968).
96. *Bahcall J. N., Salpeter E. E.*, *Ap. J.*, **142**, 1677 (1965).
97. *Noerdlinger D. D.*, *Ap. J.*, **157**, 495 (1969).
98. *Sofue Y., Fujimoto M., Kawabata K.*, *Pub. Astron. Soc. Japan*, **20**, 368 (1969).
99. *Kawabata K., Fujimoto M., Sofue Y., Fukui M.*, *Pub. Astron. Soc. Japan*, **21**, 293 (1969).
100. *Reinhardt M., Thiel M.*, *Astrophys. Lett.*, **7**, 101 (1970).
101. *Arp H.*, *Nature*, **232**, 463 (1971).
102. *Gamow G.*, *Phys. Rev.*, **70**, 572 (1946); **74**, 505 (1948).
103. *Alpher R. A., Bethe H., Gamow G.*, *Phys. Rev.*, **73**, 803 (1948).
104. *Alpher R. A., Herman R. C.*, *Nature*, **162**, 774 (1948); *Phys. Rev.*, **75**, 1089 (1949).
105. *Alpher R. A., Herman R. C., Gamow G.*, *Phys. Rev.*, **74**, 1198 (1948); **75**, 332A (1949); **75**, 701 (1949).
106. *Gamow G.*, *Rev. Mod. Phys.*, **21**, 367 (1949).
107. *Alpher R. A.*, *Phys. Rev.*, **74**, 1577 (1948).
108. *Alpher R. A., Herman R. C.*, *Rev. Mod. Phys.*, **22**, 153 (1950).

109. *Penzias A. A., Wilson R. W.*, *Ap. J.*, **142**, 419 (1965).
110. *Dicke R. H., Peebles P. J. E., Roll P. G., Wilkinson D. T.*, *Ap. J.*, **142**, 414 (1965).
111. *Howell T. F., Shakeshaft J. R.*, *Nature*, **216**, 753 (1967).
112. *Penzias A. A., Wilson R. W.*, *Astron. J.*, **72**, 315 (1967).
113. *Howell T. F., Shakeshaft J. R.*, *Nature*, **210**, 1318 (1966).
114. *Roll P. G., Wilkinson D. T.*, *Phys. Rev. Lett.*, **16**, 405 (1966).
115. *Stokes R. A., Partridge R. B., Wilkinson D. T.*, *Phys. Rev. Lett.*, **19**, 1199 (1967).
116. *Welch W. J., Keachie S., Thornton D. D., Wrixon G.*, *Phys. Rev. Lett.*, **18**, 1068 (1967).
117. *Ewing M. S., Burke B. F., Staelin D. H.*, *Phys. Rev. Lett.*, **19**, 1251 (1967).
118. *Wilkinson D. T.*, *Phys. Rev. Lett.*, **19**, 1195 (1967).
119. *Пузанов В. И., Саломонович А. Е., Старкович К. С.*, *Астрон. журн.*, **44**, 1128 (1967).
120. *Кисляков А. Г., Чернышев В. И., Лебский Ю. В., Мальцев В. А., Серов Н. В.*, *Астрон. журн.*, **48**, 39 (1971).
121. *Boynnton P. F., Stokes R. A., Wilkinson D. T.*, *Phys. Rev. Lett.*, **21**, 462 (1968).
122. *Millea M. F., McColl M., Pederson R. J., Vernon F. Y., Jr.*, *Phys. Rev. Lett.*, **26**, 919 (1971).
123. *McKellar A.*, *Publ. Dominion Astrophys. Observatory (Victoria, B. C.)*, **7**, 251 (1941).
124. *Field G. B., Hitchcock J. L.*, *Phys. Rev. Lett.*, **16**, 817 (1966).
125. *Thaddeus P., Clauser J. F.*, *Phys. Rev. Lett.*, **16**, 819 (1966).
126. *Bortolot V. J., Clauser J. F., Thaddeus P.*, *Phys. Rev. Lett.*, **22**, 307 (1969).
127. *Shivanandan K., Houck J. R., Harwit M. O.*, *Phys. Rev. Lett.*, **21**, 1460 (1968).
128. *Houck J. R., Harwit M. O.*, *Ap. J.*, **157**, L45 (1969).
129. *Harwit M. O., Houck J. R., Wagoner R. V.*, *Nature*, **228**, 451 (1970).
130. *Pipher J. L., Houck J. R., Jones B. W., Harwit M. O.*, *Nature*, **231**, 375 (1971).
131. *Muehlnher D., Weiss R.*, *Phys. Rev. Lett.*, **24**, 742 (1970).
132. *Blair A. G., Beery J. G., Edeskuty F., Hiebert R. D., Shipley J. P., Williamson K. D., Jr.*, *Phys. Rev. Lett.*, **27**, 1154 (1971).
133. *Muehlnher D., Weiss R.*, *Phys. Rev.*, **D7**, 326 (1973).
134. *Jenkins F. A., Wooldridge D. E.*, *Phys. Rev.*, **53**, 137 (1938).
135. *Field G. B., Hitchcock J. L.*, *Ap. J.*, **146**, 1 (1966).
136. *Woolf N. J.*, цитируется в [125].
137. *Шкловский И. С.*, *Астрон. циркуляр № 364*, 1966.
138. *Peebles P. J. E.*, *Ap. J.*, **153**, 1 (1968).
139. *Сюняев Р. А.*, *ДАН СССР*, **179**, 45 (1968).
140. *Зельдович Я. Б., Курт В. Г., Сюняев Р. А., ЖЭТФ*, **55**, 278 (1968).
141. *Partridge R. B., Peebles P. J. E.*, *Ap. J.*, **148**, 377 (1967).
142. *Petrosian V., Bahcall J. N., Salpeter E. E.*, *Ap. J.*, **155**, L57 (1969).
143. *Сюняев Р. А.*, *Тезисы 5-й Международной конференции по теории относительности и гравитации*, Тбилиси, 1968.
144. *Zeldovich Ya. B., Sunyaev R. A.*, *Astrophys. and Space Sci.*, **4**, 285 (1969).
145. *Zeldovich Ya. B.*, *Comments Astrophys. and Space Sci.*, **2**, 66 (1970).
146. *Rees M. J., Sciama D. W.*, *Nature*, **217**, 511 (1968).
147. *Sachs R. K., Wolfe A. M.*, *Ap. J.*, **147**, 73 (1967).
148. *Wolfe A. M.*, *Ap. J.*, **156**, 803 (1969).
149. *Conklin E. K., Bracewell R. N.*, *Nature*, **216**, 777 (1967).
150. *Парийский Ю. Н., Пятунина Т. В.*, *Астрон. журн.*, **47**, 1337 (1970).
151. *Conklin E. K., Bracewell R. N.*, *Phys. Rev. Lett.*, **18**, 614 (1967).
152. *Penzias A. A., Schraml J., Wilson R. W.*, *Ap. J.*, **157**, L49 (1969).
153. *Boynnton P., Partridge R. B.*, частное сообщение.
154. *Epstein E. E.*, *Ap. J.*, **148**, L157 (1967).

155. *Partridge R. B., Wilkinson D. T.*, Phys. Rev. Lett., **18**, 557 (1967).
156. *Wilkinson D. T., Partridge R. B.*, цитируется в работе *Partridge R. B.*, Am. Sci., **57**, 37 (1969).
157. *Wilson R. W., Penzias A. A.*, Science, **156**, 1100 (1967).
158. *Conklin E. K.*, Nature, **222**, 974 (1969).
159. *Boughn S. P., Fram D. M., Partridge R. B.*, Ap. J., **165**, 439 (1971).
160. *de Vaucouleurs G., Peters W. L.*, Nature, **220**, 868 (1968).
161. *Misner C.*, частное сообщение.
162. *Hoyle F., Wickramasinghe N. C.*, Nature, **214**, 969 (1967).
163. *Narlikar J. V., Wickramasinghe N. C.*, Nature, **216**, 43 (1967); **217**, 1235 (1968).
164. *Layzer D.*, Astrophys. Lett., **1**, 49 (1968).
165. *Gold T., Pacini F.*, Ap. J., **152**, L115 (1968).
166. *Wolfe A. M., Burbidge G. R.*, Ap. J., **156**, 345 (1969).
167. *Wagoner R.*, Nature, **224**, 481 (1969).
168. *Hazard C., Salpeter E. E.*, Ap. J., **157**, L87 (1969).
169. *Felten J. E., Morrison P.*, Ap. J., **146**, 686 (1966).
170. *Hoyle F.*, Phys. Rev. Lett., **15**, 131 (1965).
171. *Gould R. J.*, Phys. Rev. Lett., **15**, 511 (1965).
172. *Felten J. E.*, Phys. Rev. Lett., **15**, 1003 (1965).
173. *Brecher K., Morrison P.*, Ap. J., **150**, L61 (1967).
174. *Brecher K., Morrison P.*, Phys. Rev. Lett., **23**, 802 (1969).
175. *Byeram E. T., Chubb T. A., Friedman H.*, Science, **169**, 366 (1970).
176. *Geisen K.*, Phys. Rev. Lett., **16**, 748 (1966).
177. *Stecker F. W.*, Phys. Rev. Lett., **21**, 1016 (1968).
178. *Зацепин Г. Т., Кузьмин В. А.*, Письма ЖЭТФ, **4**, 114 (1966).
179. *Hesse W. P., Caldwell D. O., Elings V. W., Morrison R. J., Murphy F. V., Worster B. W., Yount D. E.*, Phys. Rev. Lett., **25**, 613 (1970).
180. *Gould R. J., Schreder G. P.*, Phys. Rev. Lett., **16**, 252 (1966).
181. *Jelley J. V.*, Phys. Rev. Lett., **16**, 479 (1966).
182. *Ландау Л. Д., Луфшиц Е. М.*, Статистическая физика, ГИТТЛ, М., 1951.
183. *Marshak R. E., Riazuddin, Ryan C. P.*, Theory of Weak Interactions in Particle Physics, Wiley-Interscience, 1969.
184. *Lyttleton R. A., Bondi H.*, Proc. Roy. Soc. (London), **A252**, 313 (1959).
185. *Hughes V. W.*, в книге Gravitation and Relativity, W. A. Benjamin, 1964, p. 259 (см. перевод: Гравитация и относительность, «Мир», 1965).
186. *Alpher R. A., Follin J. W., Jr., Herman R. C.*, Phys. Rev., **92**, 1347 (1953).
187. *Peebles P. J. E.*, Ap. J., **146**, 542 (1966).
188. *Weinberg S.*, Phys. Rev., **128**, 1457 (1962).
189. *Bergkvist K. E.*, Topical Conference on Weak Interactions, CERN, Geneva, 1962, p. 91.
190. *Langer L. M., Moffat R. J. D.*, Phys. Rev., **88**, 689 (1952).
191. *Bernstein J., Ruderman M., Feinberg G.*, Phys. Rev., **132**, 1227 (1963).
192. *Cowsik R., Pal Y., Tandon S. N.*, Phys. Rev. Lett., **13**, 265 (1964).
193. *Константинов Б. П., Кочаров Г. Е.*, ЖЭТФ, **46**, 1470 (1964).
194. *Кочаров Г. Е., Старбунов Ю. Н.*, Изв. АН СССР, сер. физ., **32**, 1841 (1968).
195. *Clarke F. W.*, Bull. Phil. Soc. (Washington), **11**, 131 (1889).
196. *Suess H. E., Urey H. C.*, Rev. Mod. Phys., **28**, 53 (1956).
197. *Aller L. H.*, Abundance of the Elements, Interscience Publishers, 1961.
198. *Bashkin S.*, в книге Stellar Structure, University of Chicago Press, 1965, p. 1.
199. *Eddington A. S.*, Report of the Eighty-Eighth Meeting of the British Association for the Advancement of Science, 1920, p. 34.
200. *Bethe H. A.*, Phys. Rev., **55**, 434 (1939).
201. *Salpeter E. E.*, Ap. J., **115**, 326 (1952).
202. *Houle F.*, Ap. J., Suppl., Ser. 1, No. 5, p. 421, 1954.

203. *Cameron A. G. W.*, Publ. Astron. Soc. Pacific, **69**, 201 (1957).
- 204*. *Kavanagh R. W.*, в книге *Cosmology, Fusion and Other Matters*. George Gamow Memorial Volume, Adam Hilger Ltd, 1972, p. 169.
205. *Arnett W. D.*, *Clayton D. D.*, Nature, **227**, 780 (1970).
206. *Burbidge G.*, Pub. Ast. Soc. Pacific, **70**, 83 (1958).
207. *Hoyle F.*, *Tayler R. J.*, Nature, **203**, 1108 (1964).
208. *Truran T. W.*, *Hansen C. T.*, *Cameron A. G. W.*, Can. J. Phys., **43**, 1616 (1965).
209. *Hayashi C.*, Prog. Theor. Phys. (Japan), **5**, 224 (1950).
210. *Wagoner R. V.*, *Fowler W. A.*, *Hoyle F.*, Ap. J., **148**, 3. (1967).
211. *Geiss J.*, *Reeves H.*, Astron. and Astrophys., **18**, 126 (1971).
212. *Schwarzschild M.*, Structure and Evolution of the Stars, Princeton University Press, 1958 (см. перевод: *Шварцшильд М.*, Строение и эволюция звезд, ИЛ, 1964).
213. *Strömberg B.*, в книге *Stellar Structure*, University of Chicago Press, 1965, Ch. 4.
214. *Clayton D. D.*, Principles of Stellar Evolution and Nucleosynthesis, McGraw-Hill, 1968.
215. *Goldberg L.*, *Muller E. A.*, *Aller L. H.*, Ap. J. Suppl., **5**, 1 (1960).
216. *Lambert D. L.*, Nature, **215**, 43 (1967); Mon. Not. Roy. Ast. Soc., **138**, 143 (1967); Observatory, **87**, 228 (1968).
217. *Lambert D. L.*, *Warnen B.*, Mon. Not. Roy. Ast. Soc., **138**, 181, 213 (1968).
218. *Bahcall J. N.*, *Fowler W. A.*, *Iben I., Jr.*, *Sears R. L.*, Ap. J., **137**, 344 (1963).
219. *Sears R. L.*, Ap. J., **140**, 477 (1964).
220. *Demarque P. R.*, *Percy J. R.*, Ap. J., **140**, 541 (1964).
221. *Pontecorvo B.*, National Research Council of Canada Report No. P.D. 205, 1946 (не опубликовано).
222. *Alvarez L. W.*, University of California Radiation Laboratory Report No. UCRL-328, 1949 (не опубликовано).
223. *Bahcall J. N.*, Phys. Rev. Lett., **12**, 300 (1964); Phys. Rev., **135**, B137 (1964).
224. *Davis R., Jr.*, Phys. Rev. Lett., **12**, 303 (1964).
225. *Davis R., Jr.*, *Harmer D. S.*, *Hoffmann K. C.*, Phys. Rev. Lett., **20**, 1205 (1968).
226. *Bahcall J. N.*, *Bahcall N. A.*, *Shaviv G.*, Phys. Rev. Lett., **20**, 1209 (1968).
227. *Bahcall J. N.*, *Shaviv G.*, Ap. J., **153**, 113 (1968).
228. *Bahcall J. N.*, *Bahcall N. A.*, *Uhrlich R. K.*, Ap. J., **156**, 559 (1969).
229. *Torres-Peimbert S.*, *Simpson E.*, *Uhrlich R. K.*, Ap. J., **155**, 957 (1969).
230. *Iben I., Jr.*, Ann. Phys., **54**, 164 (1960).
231. *Bahcall J. N.*, *Uhrlich R. K.*, Ap. J., **170**, 593 (1971).
232. *Davis R., Jr.*, *Rogers L. C.*, *Radeha V.*, Доклад, представленный на заседании Американского физического общества, апрель 1971 (не опубликован).
233. *Danziger I. J.*, Ann. Rev. Astron. and Astrophys., **8**, 161 (1970).
234. *Hegyi D.*, *Curott D.*, Phys. Rev. Lett., **24**, 415 (1970).
235. *Faulkner J.*, Ap. J., **147**, 617 (1967).
236. *Faulkner J.*, Phys. Rev. Lett., **27**, 206 (1971).
237. *Biswas S.*, *Fichtel C. E.*, Ap. J., **139**, 941 (1964).
238. *Gaustad J. E.*, Ap. J., **139**, 406 (1964).
239. *Neugebauer M.*, *Synder C. W., Jr.*, J., Geophys. Res., **71**, 4469 (1966).
240. *Hundhausen A. J.*, *Ashbridge J. R.*, *S. J. Bame*, *Gilbert H. E.*, *Strong I. B.*, J. Geophys. Res., **72**, 87 (1967).
241. *Ogilvie K. W.*, *Burlaga L. F.*, *Wilkerson T. D.*, цитируется в [230].
242. *Unsöld A. O. J.*, Science, **163**, 1015 (1969).
243. *Christy R. F. et al.*, Ap. J., **144**, 108 (1966).
244. *Sandage A. R.*, Ap. J., **157**, 515 (1969).
245. *Iben J., Jr.*, *Huchra J.*, Ap. J., **162**, L43 (1970).

246. Sargent W. L. W., Searle L., *Ap. J.*, **145**, 652 (1966).
247. Aller L. H., Liller W., в книге *Nebulae and Interstellar Matter*, University of Chicago Press, 1968.
248. Dupree A. K., Goldberg L., *Ann. Rev. Astron. and Astrophys.*, **8**, 231 (1970).
249. Шеварцман В. Ф., *Письма ЖЭТФ*, **9**, 315 (1969).
250. Stothers R. B., *Phys. Rev. Lett.*, **24**, 538 (1970).
251. Hecht H., *Ap. J.*, **170**, 401 (1971).
252. Burbidge G., *Comments Astrophys. and Space Phys.*, **1**, 101 (1969).
253. Letters from Sir Isaac Newton to the Reverend Dr. Bentley, Letter I, p. 203 ff, цитируется по книге: Koyré A., *From the Closed World to the Infinite Universe*, Harper and Row, 1958, p. 185.
254. Jeans J., *Phil. Trans. Roy. Soc.*, **199A**, 49 (1902); *Astronomy and Cosmogony*, 2nd ed., первая публикация Cambridge University Press, 1928; Dover Publications, 1961, p. 345.
255. Lifshitz E., *J. Phys. USSR*, **10**, 116 (1946).
256. Bonner W. B., *Zs. Astrophys.*, **39**, 143 (1956).
257. *Relativity Theory and Astrophysics 1. Relativity and Cosmology*, American Mathematical Society, 1967, p. 263.
258. Peebles P. J. E., *Ap. J.*, **142**, 1317 (1965).
259. Зельдович Я. Б., *УФН*, **89**, 647 (1966).
260. Alpher R. A., Gamow G., Herman R., *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **58**, 2179 (1967).
261. Dicke R. H., Peebles P. J. E., *Ap. J.*, **154**, 891 (1968).
262. Silk J., *Nature*, **215**, 1155 (1967); *Ap. J.*, **151**, 459 (1968).
263. Дорошкевич А. Г., Зельдович Я. Б., Новиков И. Д., *Астрон. журн.*, **44**, 295 (1967).
264. Peebles P. J. E., Yu. J. T., *Ap. J.*, **162**, 815 (1970).
265. Field G. B., *Ap. J.*, **165**, 29 (1971).
266. Tomita K., Nariai H., Sato H., Matsuda T., Takeda H., *Prog. Theor. Phys.*, **43**, 1511 (1970).
267. Sato H., *Prog. Theor. Phys.*, **45**, 370 (1971).
268. Weinberg S., *Ap. J.*, **168**, 175 (1971).
269. Batchelor G. K., *The Theory of Homogeneous Turbulence*, Cambridge University Press, 1959.
270. von Weizsäcker C. F., *Ap. J.*, **114**, 165 (1951).
271. Gamow G., *Phys. Rev.*, **86**, 251 (1952).
272. Layzer D., *Ann. Rev. Astron. and Astrophys.*, **2**, 341 (1964).
273. Зельдович Я. Б., Новиков И. Д., *УФН*, **89**, 647 (1966).
274. Озерной Л. М., Чернин А. Д., *Астрон. журн.*, **44**, 1131 (1967); **45**, 1137 (1968).
275. Озерной Л. М., *Письма ЖЭТФ*, **10**, 394 (1969).
276. Озерной Л. М., Чубисов Г. В., *Астрон. журн.*, **47**, 769 (1969).
277. Sato H., Matsuda T., Takeda H., *Prog. Theor. Phys.*, **43**, 1115 (1970).
278. Matsuda T., Sato H., Takeda H., *Publ. Astr. Soc. Japan*, **23**, 1 (1971).
279. Silk J., в книге *I.A.U. Symposium No. 44*, Uppsala, Sweden, August 1970, Dordrecht, Netherlands, 1972.
280. Sachs R. K., Wolfe A. M., *Ap. J.*, **147**, 73 (1967).
281. Silk J., *Nature*, **215**, 1155 (1967); *Ap. J.*, **151**, 459 (1968).
282. Longair M. S., Sunyaev R. A., *Nature*, **223**, 719 (1969).
283. McCrea W. H., *Astron. J.*, **60**, 271 (1955).
284. Callan C., Dicke R. H., Peebles P. J. E., *Am. J. Phys.*, **33**, 105 (1965).
285. Irvine W. M., *Ann. Phys.*, **32**, 322 (1965).
286. Field G. B., в книге *Stars and Stellar Systems, Vol. IX: Galaxies and the Universe*, в печати.
287. Hawking S. W., *Ap. J.*, **145**, 544 (1966).
288. Hagedorn R., *Nuovo Cimento Suppl.*, **3**, 147 (1965); **6**, 311 (1968); *Nuovo Cimento*, **52A**, 1336 (1967); **56A**, 1027 (1968).

289. *Hagedorn R., Ranft I.*, Nuovo Cimento Suppl., 6, 169 (1968).
290. *Румер Ю. Б.*, ЖЭТФ, 38, 1899 (1960).
291. *Veneziano G.*, Nuovo Cim., 57A, 190 (1968).
292. *Fubini S., Veneziano G.*, Nuovo Cimento, 64A, 811 (1969).
293. *Bardakci K., Mandelstam S.*, Phys. Rev., 184, 1640 (1969).
294. *Fubini S., Gordon D., Veneziano G.*, Phys. Lett., 29B, 679 (1969).
295. *Huang K., Weinberg S.*, Phys. Rev. Lett., 25, 895 (1970).
296. *Hagedorn R.*, Astron. and Astrophys., 5, 184 (1970).
297. *Bahcall J. N., Frautschi S.*, Ap. J., Lett., 170, 81 (1971).
298. *Zeldovich Ya. B.*, Comments Astrophys. and Space Sci., 11, 12 (1970).
299. *Wheeler J. A.*, в книге La Structure et L'Evolution de l'Univers, Institut International de Physique Solvay, 1958, p. 96.
300. *Zeldovich Ya. B.*, в книге Advances in Astronomy and Astrophysics, Academic Press, 1965, p. 319.
301. *Winterberg F.*, Nuovo Cimento, 53B, 264 (1968).
302. *Weinberg S.*, в книге Contemporary Physics, Vol. I, International Atomic Energy Agency, 1969, p. 559.
303. *Matzner R. A.*, Ap. J., 154, 1123 (1968).
304. *De Sabbata V.*, Тезисы 5-й Международной конференции по теории относительности и гравитации, Тбилиси, 1968.
305. *Schucking E. L., Spiegel E. A.*, Comments Astrophys. and Space Phys., 2, 121 (1970).
306. *Stewart J. M., MacCallum M. A. H., Sciama D. W.*, Comments Astrophys. and Space Phys., 2, 206 (1970).
307. *Misner C.*, Nature, 214, 40 (1967); Ap. J., 151, 431 (1967).
308. *Дорошкевич А. Г., Зельдович Я. Б., Новиков И. Д.*, ЖЭТФ, 53, 644 (1967).
309. *Hawking S. W.*, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 142, 129 (1969).
310. *Stewart J. M.*, Astrophys. Lett., 2, 133 (1969).
311. *Klein O.*, Soc. Roy. Sci. Liege, Sec., 4, 13, 42 (1953).
312. *Klein O.*, в книге La Structure et l'Evolution de l'Univers, Institut International de Physique Solvay, 1958, p. 33.
313. *Klein O.*, в книге Werner Heisenberg und die Physik unserer Zeit, Vieweg and Sohn, 1961, p. 58.
314. *Klein O.*, в книге Recent Developments in General Relativity, Pergamon Press, 1962, p. 293.
315. *Klein O.*, Astrophys. Norvegica, 9, 161 (1964).
316. *Klein O.*, в книге Preludes in Theoretical Physics, North-Holland, 1966, p. 23.
317. *Klein O.*, Nature, 211, 1337 (1966); Ark. Fysik, 39, 157 (1969); Science, 171, 339 (1971).
318. *Alfvén H., Klein O.*, Arkiv. f. Fysik, 23, 187 (1962).
319. *Alfvén H.*, Rev. Mod. Phys., 17, 652 (1965); Physics Today, Feb., 1971; Nature, 229, 184 (1971).
320. *Omnes R.*, Astron. and Astrophysics, 10, 228 (1971); 11, 450 (1971); Phys. Rev. Lett., 23, 38 (1969).
321. *Stecker F. W., Morgan D. L., Jr., Bredekamp J.*, Phys. Rev. Lett., 27, 1469 (1971).
322. *Penrose R.*, Phys. Rev. Lett., 14, 57 (1965).
323. *Penrose R.*, в книге Contemporary Physics, Vol. I, International Atomic Energy Agency, 1969, p. 545.
- 324*. *Пенроуз Р.*, Структура пространства-времени, «Мир», 1972, разд. 10, 11.
325. *Hawking S. W.*, Phys. Rev. Lett., 15, 689 (1965); Proc. Roy. Soc., A294, 511 (1966); A295, 490 (1966); A300, 187 (1967).
- 326*. *Hawking S. W., Ellis G. F. R.*, The Large Scale Structure of Space-Time, Cambridge University Press, 1973. (См. перевод: С. Хокинг, Крупномасштабная структура пространства-времени, изд-во «Мир», 1975.)
327. *Shepley L. C.*, Proc. Nat. Acad. Sci., 52, 1403 (1965).

328. *Geroch R. P.*, Phys. Rev. Lett., **17**, 445 (1966).
329* *Герок Р.*, в сб. «Квантовая гравитация и топология», «Мир», 1973, стр. 27.
330. *Hawking S. W., Sciama D. W.*, Comments Astrophys. and Space Phys., **1**, 1 (1969).
331. *Hawking S. W., Ellis G. F. R.*, Ap. J., **152**, 25 (1968).
332. *Ginzburg V. L.*, Comments Astrophys. and Space Phys., **3**, 7 (1971).
333. *Misner C. W.*, Phys. Rev., **186**, 1319 (1969).
334. *Ryan M. P., Jr.*, Ann. Phys., **70**, 301 (1972).
335. *Jacobs K. C., Misner C. W., Zepolsky H. S.* (в печати).
336. *Jacobs K. C., Hughston L. P.* (в печати).
337* *Зельдович Я. Б.*, Письма ЖЭТФ, **9**, 443 (1970).
338* *Parker L., Fulling S. A.*, Phys. Rev., **D7**, 2357 (1973).
339. *Rees M. J.*, Observatory, **89**, 193 (1969).
340. *Gold T.*, в книге La Structure et l'Evolution de l'Univers, Institut International de Physique, Solvay, 1958, p. 81.
341. *Gal-Or B.*, Science, **176**, 11 (1972).
342. The Nature of Time, Cornell Univ. Press, 1967.
343. *Weinberg S.*, Phys. Rev. Lett., **19**, 1264 (1967); **27**, 1688 (1971).
344. *Chen H. H., Lee B. W.*, Phys. Rev., **D5**, 1874 (1972).
345. *t'Hooft G.*, Phys. Lett., **37B**, 197 (1971).