



2017
BREAKTHROUGHS
of the YEAR

**Наиболее значимые (прорывные)
достижения мировой науки 2017**



Cosmic convergence

On 17 August, scientists around the world witnessed something never seen before:

“One hundred and thirty million light-years away, two neutron stars spiraled into each other in a spectacular explosion that was studied by observatories ranging from gamma ray detectors to radio telescopes. The blast confirmed several key astrophysical models, revealed a birthplace of many heavy elements, and tested the general theory of relativity as never before. That first observation of a neutron-star merger, and the scientific bounty it revealed is

Science's 2017 Breakthrough of the Year

Проект LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory)



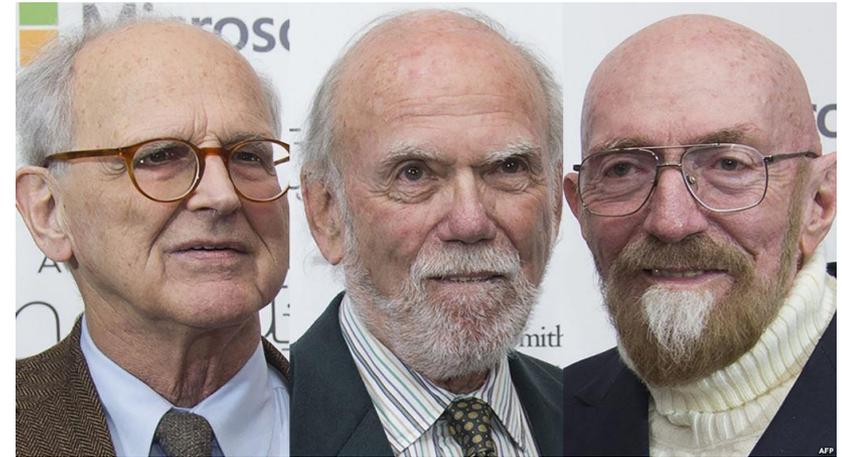
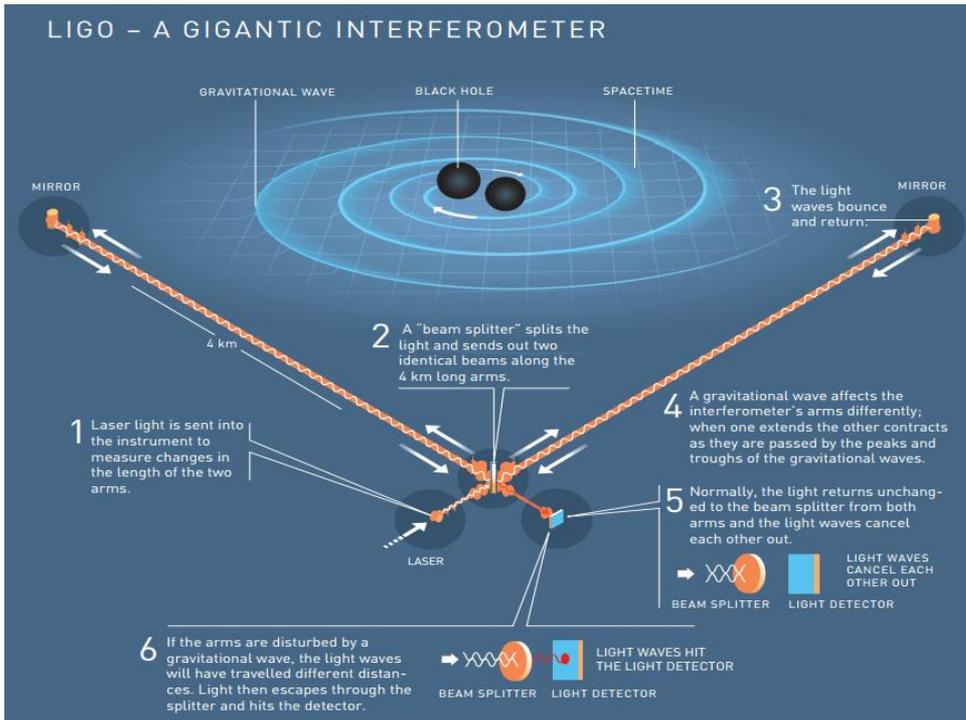
Ливингстон (Луизиана)



Хэнфорд (шт. Вашингтон)



VIRGO (Пиза (Италия))



Райнер
Вайсс
р. 1932

Барри
Бэриш
р. 1936

Кип Стивен
Торн
р. 1940 р

Нобелевская премия по физике 2017

FIRST COSMIC EVENT OBSERVED IN GRAVITATIONAL WAVES AND LIGHT

Colliding Binary Neutron Star PSR B1913+16

Collision creates light across the entire electromagnetic spectrum. Joint observations independently confirm Einstein's General Theory of Relativity, help measure the age of the Universe, and provide clues to the origins of heavy elements like gold and platinum

Gravitational wave lasted over 100 seconds

On August 17, 2017, 12:41 UTC, LIGO (US) and Virgo (Europe) detect gravitational waves from the merger of two neutron stars, each around 1.5 times the mass of our Sun. This is the first detection of spacetime ripples from neutron stars.

Within two seconds, NASA's Fermi Gamma-ray Space Telescope detects a short gamma-ray burst from a region of the sky overlapping the LIGO/Virgo position. Optical telescope observations pinpoint the origin of this signal to NGC 4993, a galaxy located 130 million light years distant.

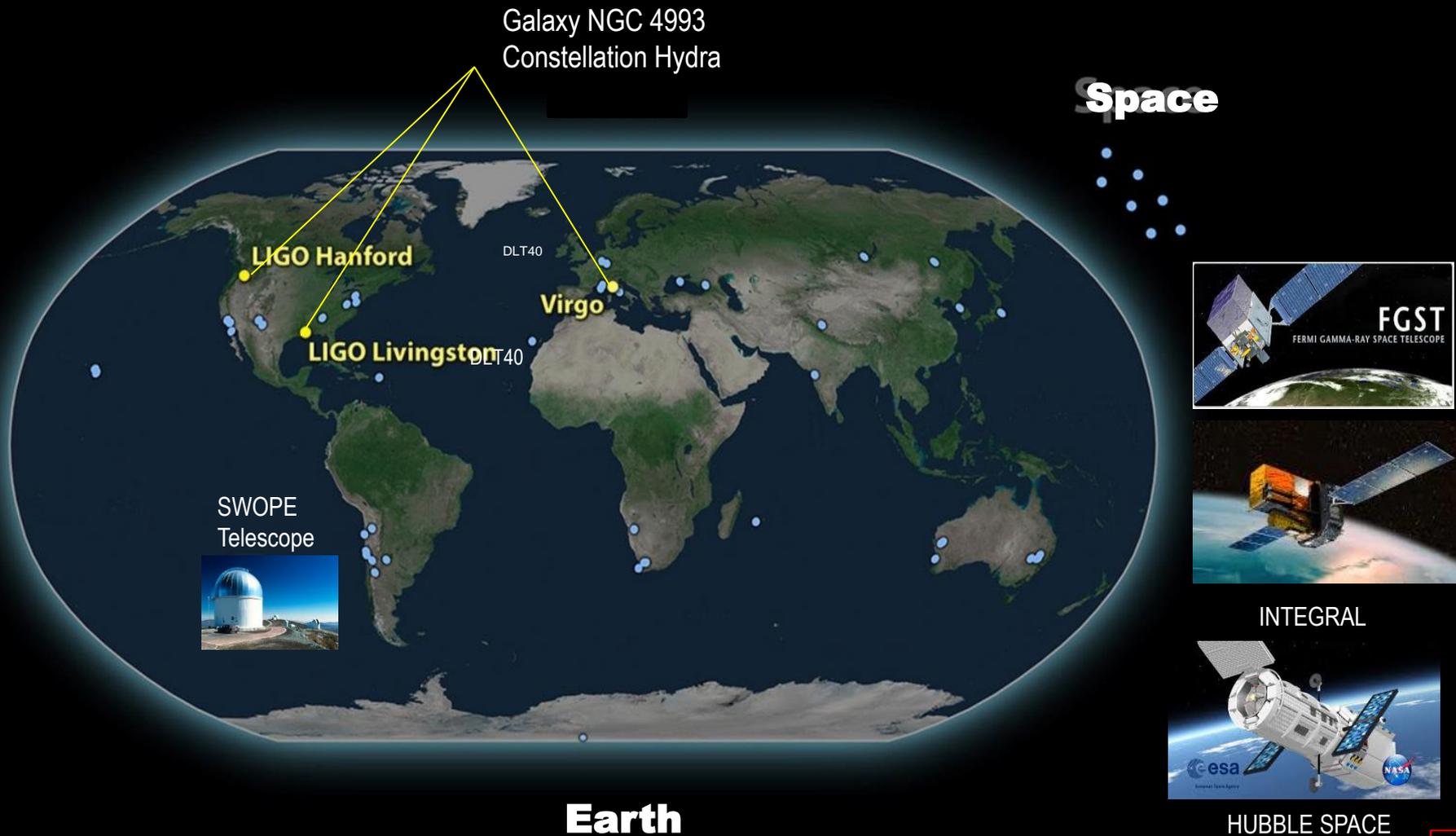
LIGO

Georgia Tech Center for Relativistic Astrophysics



Слияние нейтронных звезд наблюдали 70 мировых обсерваторий в интервале от радиоволн до γ -излучения

Событие зафиксировано 3674 исследователями из 953 институтов



“GW170817: Observation of Gravitational Waves from a Binary Neutron Star Inspiral”
Physical Review Letters, Vol. 119, p. 161101, 16 October 2017

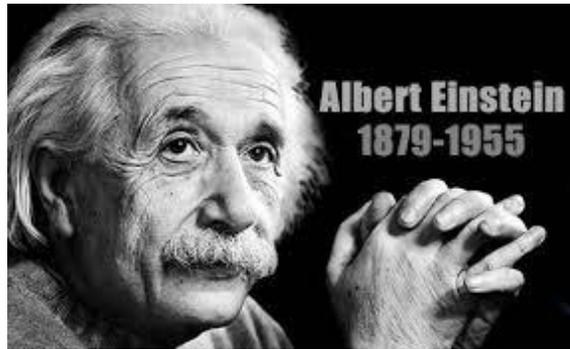
B. P. Abbott,¹ R. Abbott, 1 T. D. Abbott, 2 F. Acernese, 3, 4 K. Ackley, 5, 6 C. Adams, 7 T. Adams, 8 P. Addesso, 9 R. X. Adhikari, 1 V. B. Adya, 10 C. Affeldt, 10 M. Afrough, 11 B. Agarwal, 12 M. Agathos, 13 K. Agatsuma, 14 N. Aggarwal, 15 O. D. Aguiar, 16 L. Aiello, 17, 18 A. Ain, 19 P. Ajith, 20 B. Allen, 10, 21, 22 G. Allen, 12 A. Allocca, 23, 24 P. A. Altin, 25 A. Amato, 26 A. Ananyeva, 1 S. B. Anderson, 1 W. G. Anderson, 21 S. V. Angelova, 27 S. Antier, 28 S. Appert, 1 K. Arai, 1 M. C. Araya, 1 J. S. Areeda, 29 N. Arnaud, 28, 30 K. G. Arun, 31 S. Ascenzi, 32, 33 G. Ashton, 10 M. Ast, 34 S. M. Aston, 7 P. Aston, 35 D. V. Atallah, 36 P. Aufmuth, 22 C. Aubert, 10 K. AultONeil, 37 C. Austin, 23 A. Avila-Alvarez, 29 S. Babak, 38 P. Bacon, 39 M. K. M. Bader, 14 S. Bae, 40 M. Bailes, 41 P. T. Baker, 42 F. Baldacchini, 43, 44 G. Ballardini, 30 S. V. Ballmer, 45 S. Banagiri, 46 J. C. Barayoga, 1 S. E. Barclay, 47 B. C. Barish, 1 D. Barker, 48 K. Barkett, 49 F. Barone, 3, 4 B. Barr, 47 L. Barsotti, 15 M. Barsuglia, 39 D. Barto, 50, 2 D. Barthelmy, 50 K. J. Bartlett, 48 I. Bartos, 52, 5 R. Bassiri, 53 A. Basti, 23, 24 J. C. Batch, 48 M. Bawaj, 54, 44 J. C. Bayley, 47 M. Bazzan, 55, 56 B. Bécsy, 57 C. Beer, 10 M. Bejger, 58 I. Belahcene, 28 A. S. Bell, 47 B. K. Berger, 1 G. Bergmann, 10 S. Bernuzzi, 59, 60 J. J. Bero, 61 C. P. L. Berry, 62 D. Bersanetti, 63 A. Bertolini, 14 J. Betzwieser, 7 S. Bhagwat, 45 R. Bhandare, 64 I. A. Bilenko, 65 G. Billingsley, 1 C. R. Billman, 5 J. Birch, 7 R. Birney, 66 O. Birnholtz, 10 S. Biscans, 1, 15 S. Biscoveanu, 67, 6 A. Bisht, 22 M. Bitossi, 30, 24 C. Biwer, 45 M. A. Bizouard, 28 J. K. Blackburn, 1 J. Blackman, 49 C. D. Blair, 1, 68 D. G. Blair, 68 R. M. Blair, 48 S. Bloemen, 69 O. Bock, 10 N. Bode, 10 M. Boer, 70 G. Bogaert, 70 A. Bohe, 38 F. Bondu, 71 E. Bonilla, 53 R. Bonnand, 8 B. A. Boom, 14 R. Borkov, 1 V. Boschi, 30, 24 S. Bose, 72, 19 K. Bossie, 7 Y. Bouffanais, 39 A. Bozzi, 30 C. Bradaschia, 24 P. R. Brady, 41 M. Branchesi, 17, 18 J. E. Brau, 73 T. Briant, 74 A. Brillet, 70 M. Brinkmann, 10 V. Brisson, 28 J. E. Broida, 75 A. F. Brooks, 1 D. A. Brown, 45 D. D. Brown, 76 S. Brunett, 1 C. C. Buchanan, 2 A. Buikema, 15 T. Bulik, 77 H. J. Bulten, 78, 14 A. Buonanno, 38, 79 D. Buskulic, 8 C. Buy, 39 R. L. Byer, 53 M. Cabero, 10 L. Cadonati, 80 G. Cagnoli, 26, 81 C. Cahillane, 1 J. Calderón Bustillo, 80 T. A. Callister, 1 E. Calloni, 82, 4 J. B. Camp, 51 M. Canepa, 83, 63 P. Canizares, 69 K. C. Cannon, 84 H. Cao, 76 J. Cao, 85 C. D. Capano, 10 E. Capocasa, 39 F. Carbognani, 30 S. Caride, 86 M. F. Carney, 87 G. Carullo, 23, 24 J. Casanueva Diaz, 28 C. Casentini, 33 S. Caudill, 21, 14 M. Cavaaglià, 11 F. Cavalier, 28 R. Cavalieri, 30 G. Cella, 24 C. B. Cepeda, 1 P. Cerdà-Durán, 88 G. Cerrretani, 23, 24 E. Cesarini, 89, 33 J. J. Chamberlain, 67 M. Chan, 47 S. Chao, 90 P. Charlton, 91 E. Chase, 92 E. Chassande-Mottin, 39 D. Chatterjee, 21 K. Chatziioannou, 93 B. D. Chesebore, 42 H. Y. Chen, 94 X. Chen, 68 Y. Chen, 49 H.-P. Cheng, 5 H. Chia, 5 A. Chincarini, 63 A. Chiummo, 30 T. Chiu, 87 H. S. Cho, 95 N. H. Chow, 25 N. Christensen, 75, 70 Q. Chu, 68 A. J. K. Chua, 13 S. Chua, 74 A. K. W. Chung, 96 S. Chung, 68 G. Ciani, 5, 55, 56 R. Cioffi, 97, 98 C. E. Cirelli, 53 A. Cironi, 83, 63 F. Clara, 48 J. A. Clark, 80 P. Clearwater, 99 F. Cleva, 20 C. Cocchiari, 11 E. Coccia, 17, 18 P.-F. Cohadon, 74 D. Cohen, 28 A. Colla, 100, 35 C. G. Collette, 101 L. R. Cominsky, 102 M. Consonico, 116 L. Conti, 56 S. J. Cooper, 62 P. Corban, 7 T. R. Corbitt, 21 I. Cordero-Carrión, 103 K. R. Corley, 52 N. Cornish, 104 A. Corsi, 86 S. Cortese, 30 C. A. Costa, 16 M. W. Coughlin, 75, 1 S. B. Coughlin, 92 J.-P. Coulon, 70 S. T. Countryman, 52 P. Couvares, 1 P. B. Covas, 105 E. E. Cowan, 80 D. M. Coward, 68 M. J. Cowart, 7 D. C. Coyne, 11 R. Coyne, 86 J. D. E. Creighton, 21 T. D. Creighton, 106 J. Cripe, 2 S. G. Crowder, 107 T. J. Cullen, 29, 2 A. Cumming, 47 L. Cunningham, 47 E. Cuoco, 30 T. Dal Canton, 51 G. Dálya, 57 S. L. Danilshin, 22, 10 S. D'Antonio, 33 K. Danzmann, 22, 10 A. Dasgupta, 108 C. F. Da Silva Costa, 5 V. Dattilo, 30 L. Dave, 64 M. Davies, 28 D. Davis, 45 J. E. Dawson, 109 B. Day, 80 S. De, 45 D. DeBra, 53 J. Degallaix, 26 M. De Laurentis, 17, 4 S. Deléglise, 74 W. Del Pozzo, 62, 23, 24 N. Demos, 15 T. Denker, 10 T. Dent, 10 S. De Pietri, 59, 60 V. Dergachev, 38 R. De Rosa, 82, 4 R. T. De Rosa, 82, 4 C. De Rossi, 26, 30 R. DeSalvo, 110 O. de Varona, 10 J. Devenson, 27 S. Dhurandhar, 19 M. S. Diaz, 106 T. Dietrich, 38 L. Di Fiore, 4 M. Di Giovanni, 111, 98 T. Di Girolamo, 52, 82, 4 A. Di Lieto, 23, 24 S. Di Pace, 100, 35 I. Di Palma, 100, 35 F. Di Renzo, 23, 24 Z. Doctor, 94 V. Dolique, 26 F. Donovan, 15 K. L. Dooley, 11 S. Doravari, 10 I. Dorrington, 36 R. Douglas, 47 M. Dovale Álvarez, 62 T. P. Downes, 21 M. Drago, 10 C. Dreissigacker, 10 J. C. Driggers, 48 Z. Du, 85 M. Ducrot, 8 R. Dudi, 36 P. Dupej, 47 S. E. Dwyer, 48 T. B. Edo, 109 M. C. Edwards, 75 A. Effler, 7 H.-B. Eggenstein, 36 R. A. Eisenstein, 15 R. A. Eisenstein, 15 R. C. Essick, 15 Z. B. Etienne, 42 T. Etzel, 1 M. Evans, 15 M. Evans, 7 M. Factourovich, 52 V. Fafone, 32, 33, 17 H. Fair, 45 S. Fairhurst, 36 X. Fan, 85 S. Farinon, 63 B. Farr, 94 W. M. Farr, 62 E. J. Fauchon-Jones, 36 M. Favata, 112 M. Fays, 36 C. Fe, 87 H. Ferryman, 10 J. Feicht, 1 M. M. Fejer, 53 A. Fernandez-Galiana, 15 I. Ferrante, 23, 24 E. C. Ferreira, 16 F. Ferrini, 30 F. Fiduciaro, 23, 24 D. Finstad, 45 I. Fiori, 30 D. Fiorucci, 39 M. Fishbach, 94 R. P. Fisher, 45 M. Fitz-Axen, 46 R. Flaminio, 26, 113 M. Fletcher, 47 H. Fong, 93 J. A. Font, 88, 114 P. W. F. Forsyth, 25 S. S. Forsyth, 80 J.-D. Fournier, 70 S. Frasca, 100, 35 F. Frasconi, 24 Z. Frei, 57 A. Freise, 62 R. Frey, 73 V. Frey, 28 E. M. Fries, 1 P. Fritschel, 15 V. V. Frolov, 7 P. Fulda, 5 M. Fyffe, 7 H. Gabbard, 47 R. U. Gadre, 19 S. M. Gaebel, 62 J. R. Gair, 115 L. Gammaitoni, 32, 33 M. R. Ganija, 76 S. G. Gaonkar, 19 C. Garcia-Quiros, 105 F. Garufi, 82, 4 B. Gateley, 48 S. Gaudio, 37 G. Gaur, 116 V. Gayathri, 119 N. Gehrels, 51, 4 G. Gemme, 63 E. Genin, 30 A. Gennai, 24 D. George, 12 J. George, 64 L. Gergely, 118 V. Germain, 8 S. Ghonge, 80 Abhirup Ghosh, 20 Arichman Ghosh, 20, 14 S. Ghosh, 69, 14, 21 J. A. Giaime, 2, 7 K. D. Giardina, 7 A. Giazotto, 24 K. Gill, 37 L. Glover, 110 E. Goetz, 119 R. Goetz, 5 S. Gomes, 36 B. Goncharov, 6 G. González, 2 J. M. Gonzalez Castro, 23, 24 A. Gopakumar, 120 M. L. Gorman, 10 P. Gouaty, 8 A. Grado, 121, 4 C. Graef, 47 M. Granata, 26 A. Grant, 47 S. Gras, 15 C. Gray, 48 G. Greco, 122, 123 A. C. Green, 62 E. M. Gretarsdottir, 37 P. Groot, 69 H. Grote, 10 S. Grunewald, 38 P. Gruning, 28 G. M. Guidi, 122, 123 X. Guo, 85 A. Gupta, 67 M. K. Gupta, 108 K. E. Gushwa, 1 E. K. Gustafson, 119 O. Hallin, 18, 17 B. R. Hall, 72 E. D. Hall, 15 E. Z. Hamilton, 36 G. Hammond, 47 M. Haney, 124 M. M. Hanke, 10 J. Hanks, 48 C. Hanna, 67 M. D. Hannam, 36 O. A. Hannuksela, 96 J. Hanson, 7 T. Hardwick, 2 J. Harms, 17, 18 G. M. Harry, 125 I. W. Harry, 38 M. J. Hart, 47 C.-J. Haster, 93 K. Haughian, 47 J. Healy, 61 A. Heidmann, 74 M. C. Heintz, 7 H. Heitmann, 70 P. Hello, 28 G. Hemming, 30 M. Hendry, 47 I. S. Heng, 47 J. Hennig, 47 A. W. Heptonstall, 1 M. Heurs, 10, 22 S. Hild, 47 T. Hinderger, 69 W. C. G. Ho, 126 D. Hoak, 30 D. Hofman, 62 K. Holt, 7 D. E. Holz, 94 P. Hopkins, 36 C. Horst, 21 J. I. Hough, 47 E. A. Houston, 47 E. J. Howell, 68 A. Hreibi, 70 Y. M. Hu, 10 E. A. Huerta, 12 D. Huet, 28 B. Hughes, 37 S. Husa, 105 S. H. Huttner, 47 T. Huynh-Dinh, 7 N. Indik, 10 R. Inta, 86 J. J. Insu, 47 J.-M. Isac, 74 M. Isi, 1 B. R. Iyer, 20 K. Izumi, 48 T. Jacquin, 73 K. Jani, 80 P. Jaranowski, 127 S. Jawahar, 66 F. Jiménez-Forstea, 105 W. W. Johnson, 2 N. K. Johnson-McDaniel, 13 D. I. Jones, 126 R. Jones, 47 R. J. G. Jonker, 14 L. Ju, 68 J. Junker, 10 C. V. Kalagathgi, 36 V. Kalogerá, 92 B. Kamai, 1 S. Kandhasamy, 67 G. Kang, 40 J. B. Kanner, 1 S. J. Kapadia, 21 S. Karki, 73 K. S. Karvinen, 10 M. Kasprzak, 2 W. Kastaun, 10 M. Katolik, 12 E. Katsavounidis, 15 W. Katzman, 7 S. Kaufer, 22 K. Kawabe, 48 F. Kéfélian, 70 A. J. Kembell, 12 R. Kennedy, 109 C. Kent, 36 J. Key, 128 F. Y. Khalilii, 65 I. Khan, 17, 33 S. Khan, 10 J. Khan, 108

E. A. Khazanov,¹²⁹ N. Kijbunchoo, 25 Chulgee Kim, 130 J. Kim, 131 K. Kim, 96 W. Kim, 76 W. S. Kim, 132 Y.-M. Kim, 95 S. J. Kimbrell, 80 E. J. King, 76 P. J. King, 48 M. Kinley-Hanlon, 125 R. Kirchoff, 101 I. S. Kisseel, 48 L. Kleybolte, 34 S. Klimentko, 5 T. D. Knowles, 42 P. Koch, 10 S. M. Koehlenbeck, 10 S. Koley, 14 V. Kondrashov, 1 A. Kontos, 15 M. Korobko, 34 W. Z. Korth, 1 I. Kowalska, 77 D. B. Kozak, 1 C. Krämer, 10 V. Krügel, 10 B. Krishnan, 10 A. Królak, 133, 134 G. Kuehn, 10 P. Kumar, 93 R. Kumar, 108 S. Kumar, 20 L. Kuo, 90 A. Kutynia, 133 S. Kwang, 21 B. D. Lackey, 38 K. H. Lai, 96 M. Landry, 48 R. N. Lang, 135 J. Lange, 61 B. Lantz, 53 R. K. Lanza, 15 T. S. Larson, 92 A. Lartaux-Vollard, 28 P. D. Lasky, 6 M. Laxen, 7 A. Lazzarini, 1 C. Lazarro, 56 P. Leaci, 100, 35 L. Leavey, 47 C. H. Lee, 95 H. K. Lee, 136 H. M. Lee, 137 H. W. Lee, 131 K. Lee, 47 J. Lehmann, 10 A. Leon, 42 E. Leon, 29 M. Leonardi, 111, 98 N. Leroy, 28 N. Letendre, 8 Y. Levin, 6 T. G. Li, 96 S. D. Linker, 110 T. B. Littenberger, 138 I. Liu, 68 X. Liu, 21 R. K. L. Lo, 96 N. A. Lockerbie, 66 L. T. London, 36 J. E. Lord, 45 M. Lorenzini, 17, 18 V. Loriette, 139 M. Lormand, 7 C. Losurdo, 24 J. D. Lough, 10 C. O. Lousto, 61 G. Lovelace, 29 H. Lück, 22, 10 D. Lumaca, 32, 33 A. P. Lundgren, 10 R. Lynch, 15 Y. Ma, 49 R. Macas, 36 S. Macfoy, 27 B. Machenschalk, 10 M. MacInnis, 15 D. M. Macleod, 36 I. Magaña Hernandez, 21 F. Magaña-Sandoval, 45 I. Magaña Zertuche, 45 R. M. Magee, 67 E. Majorana, 35 I. Maksimovic, 139 N. Man, 70 M. Mandic, 46 V. Mangano, 47 G. L. Mansell, 25 M. Manske, 21, 25 M. Mantovani, 30 F. Marchesoni, 54, 44 F. Marion, 8 S. Márka, 52, 2 Márka, 52 C. Markakis, 12 A. S. Markosyas, 53 A. Markowitz, 1 E. Maros, 1 A. Marguina, 103 P. Marsh, 128 F. Martelli, 122, 123 L. Martellini, 70 I. W. Martin, 47 R. M. Martin, 112 D. V. Martynov, 15 J. N. Marx, 1 K. Mason, 15 E. Marrera, 109 A. Masserot, 8 T. J. Massinger, 1 M. Masso-Reid, 47 S. Mastrogiovanni, 100, 35 A. Matas, 46 F. Maticchiaro, 115 L. Matone, 52 N. Mavalvala, 15 N. Mazumder, 72 R. McCarthy, 48 E. McClelland, 25 S. McCormick, 7 L. McCuller, 15 S. C. McGuire, 140 G. McNary, 1 J. McIver, 1 D. J. McManus, 25 L. McNeill, 6 T. McRae, 25 S. T. McWilliams, 42 D. Meacher, 67 G. D. Meadors, 38, 10 M. Mehmet, 10 J. Meidam, 14 E. Mejuto-Villa, 9 A. Melatos, 99 G. Mendell, 48 R. A. Mercer, 21 E. L. Merillih, 48 M. Merzougui, 70 S. Meshkov, 1 C. Messinger, 47 C. Messick, 67 R. Metzdroff, 74 M. M. Meyers, 46 H. Miao, 62 C. Michel, 26 H. Middleton, 62 E. E. Mikhailov, 141 L. Milano, 82, 4 A. L. Miller, 5, 100, 35 B. B. Miller, 92 J. Miller, 15 M. Millhouse, 104 M. C. Milovich-Goff, 110 O. Minazzoli, 70, 142 Y. Minenkov, 33 J. Ming, 38 C. Mishra, 143 S. Mitra, 19 V. P. Mitrofanov, 65 G. Mitselmakher, 5 S. Mittleman, 15 D. Moffa, 8 A. Moggi, 24 K. Mogushi, 11 M. Mohan, 30 R. P. Mohapatra, 15 I. Molina, 29 M. Montani, 122, 123 C. J. Moore, 13 D. Moraru, 48 G. Moreno, 48 S. Morisaki, 84 S. R. Morris, 106 B. Mours, 8 C. M. Mow-Lowry, 62 G. Mueller, 5 A. W. Muir, 36 Arunava Mukherjee, 10 D. Mukherjee, 21 S. Mukherjee, 106 M. Mukund, 19 A. Mullavey, 7 J. Munch, 76 E. A. Muñiz, 45 M. Muratore, 37 P. G. Murray, 47 A. Nagar, 89, 144, 145 K. Napier, 80 I. Nardedchia, 32, 33 K. N. Nayak, 146 J. Neilson, 110 G. Nelemans, 69, 14 J. J. N. Nelson, 7 M. Nery, 10 A. Neunzert, 119 L. Nevin, 11 J. M. Newport, 125 G. Newton, 47 K. K. Y. Ng, 96 P. Nguyen, 73 T. T. Nguyen, 25 D. Nichols, 69 A. B. Nielsen, 10 S. Nissank, 69, 14 A. Nitz, 10 A. Noack, 10 F. Nocera, 30 D. Nolting, 7 C. North, 36 L. K. Nuttall, 36 J. Oberling, 48 G. D. O'Dea, 110 G. H. Ogil, 147 J. J. Oh, 132 S. H. Oh, 132 F. Ohme, 10 M. A. Okada, 16 M. Oliver, 105 P. Oppermann, 10 Richard J. Oram, 7 B. O'Reilly, 7 R. Ormiston, 46 L. F. Ortega, 5 S. O'Shaughnessy, 61 S. Ossokine, 38 D. J. Ottavay, 76 H. Overmire, 7 B. J. Owen, 86 A. E. Pace, 67 J. Page, 138 M. A. Page, 68 A. Pai, 117, 148 S. A. Pai, 64 J. R. Palamos, 73 O. Palashov, 129 C. Palomba, 35 A. Pal-Singh, 34 Howard Pan, 90 Huang-Wei Pan, 90 B. Pang, 49 P. T. H. Pang, 96 C. Pankow, 92 F. Pannarale, 36 B. C. Pant, 64 F. Paoletti, 24 A. Paoli, 30 M. A. Papa, 38, 110 A. Parida, 19 V. Parker, 7 D. Pascucci, 47 A. Pasqualetti, 30 R. Passaquietti, 23, 24 D. Passuello, 24 M. Patil, 134 B. Patricelli, 149, 24 B. L. Pearlstone, 47 M. Pedraza, 1 R. Pedurand, 26, 150 L. Pekowsky, 45 A. Pele, 7 S. Penn, 151 C. J. Perez, 48 A. Perreca, 1, 111, 98 L. M. Perri, 92 H. P. Pfeiffer, 93, 38 M. Phelps, 47 O. J. Piccinni, 100, 35 M. Pichot, 70 F. Piergiovanni, 122, 123 V. Pierro, 9 G. Pillant, 30 L. Pinard, 26 I. M. Pinto, 9 M. Pirello, 48 M. Pitkin, 47

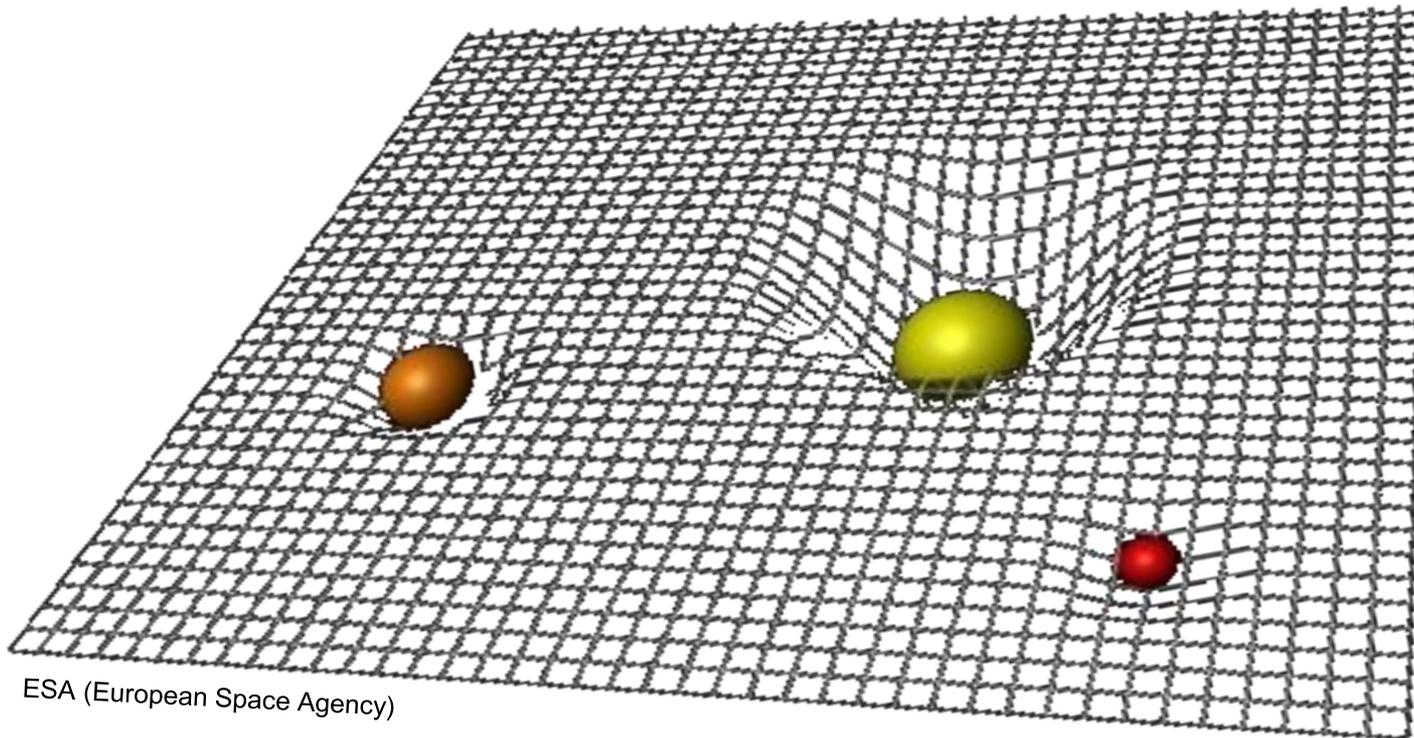
M. Poe, 21 R. Poggiani, 23, 24 P. Popolizio, 30 E. K. Porter, 39 A. Post, 10 J. Powell, 47 J. I. Prasad, 19 J. W. Pratt, 37 G. P. Pratten, 105 V. Predoi, 36 T. Prestegard, 21 M. Prijatelj, 10 M. Principe, 9 R. Prix, 10 G. A. Pridmore, 111, 98 L. G. Prokhorov,⁶⁵ O. Puncken, 20 M. Punturo, 40 P. Puppo, 35 M. Pürrer, 38 H. Qi, 21 V. Quetschke, 106 E. A. Quintero, 7 R. Quintoz-James, 73 F. J. Raab, 48 D. S. Rabeling, 25 H. Radkins, 48 R. Raffai, 57 S. Rajaa, 64 C. Rajan, 64 B. Rajbhandari, 86 M. Rakhmanov, 106 K. E. Ramirez, 106 A. Ramos-Buades, 105 P. Rapagnani, 100, 35 V. Raymond, 38 M. Razzano, 23, 24 J. Read, 29 T. Regimbau, 70 L. Reig, 63 S. Reid, 66 D. H. Reitze, 1, 5 W. Ren, 12 S. D. Reyes, 45 F. Ricci, 100, 35 P. M. Ricker, 12 S. Rieger, 10 K. Riles, 119 M. Rizzo, 61 N. A. Robertson, 147 R. Robie, 47 F. Robinet, 28 A. Rocchi, 33 L. Rolland, 8 J. G. Rollins, 1 V. J. Roma, 73 J. D. Romano, 106 R. Romano, 34 A. C. R. Romel, 48 J. H. Romie, 67 P. R. Ross, 153 S. Rowan, 47 A. Rüdiger, 10 P. Ruggi, 30 G. Rutins, 27 K. Ryan, 48 S. Sachdev, 11 T. Sadecki, 48 L. Sadeghian, 21 M. Sackelliariadou, 154 L. Salconi, 30 M. Saleem, 117 F. Salemi, 10 A. Samajdar, 146 L. Sammut, 6 L. M. Sampson, 92 E. J. Sanchez, 1 L. E. Sanchez, 1 N. Sanchis-Gual, 88 V. Sandberg, 48 J. R. Sanders, 45 B. Sassolas, 26 B. S. Sathyaprakash, 67, 36 P. R. Saulson, 45 O. Sauter, 119 R. L. Savage, 48 A. Sawadsky, 34 P. Schale, 77 M. Scheel, 49 J. Scheer, 92 J. Schmidt, 10 P. Schmidt, 1, 69 R. Schnabel, 92 R. M. S. Schofield, 73 A. Schönbeck, 4 E. Schreiber, 10 D. Schuette, 10, 22 B. W. Schulte, 10 B. F. Schutz, 36, 10 G. S. Schwalze, 37 J. Scott, 47 S. M. Scott, 25 E. Seidel, 12 D. Sellers, 7 A. S. Sengupta, 155 D. Sentenac, 30 V. Sequino, 32, 33, 17 **A. Sergeev,¹²⁹** D. A. Shaddock, 25 T. J. Shaffer, 48 A. A. Shah, 138 M. S. Shahriar, 92 M. B. Shamer, 110 L. Shao, 38 B. Shapiro, 53 P. Shawhan, 79 A. Shepherd, 21 D. H. Shoemaker, 15 D. M. Shoemaker, 80 K. Sielze, 80 X. Siemens, 21 M. Sieniawska, 58 D. Sigg, 48 A. D. Silva, 16 L. P. Singer, 51 A. Singh, 38, 10, 22 A. Singhal, 17, 35 A. M. Sintès, 105 B. J. J. Slagmolen, 25 B. Smith, 7 J. R. Smith, 29 R. J. E. Smith, 1, 6 S. Somala, 156 E. J. Son, 132 J. A. Sonnenberg, 21 B. Sorazu, 47 F. Sorrentino, 63 T. Souradeep, 19 A. P. Spencer, 47 A. K. Srivastava, 108 K. Staats, 37 A. Staley, 52 M. Steinke, 10 J. Steinlechner, 34, 47 S. Steinlechner, 34 D. Steinmeyer, 10 S. P. Stevenson, 62, 41 R. Stone, 106 D. J. Stoppa, 62 K. A. Strain, 47 G. Stratta, 122, 123 S. E. Strigin, 65 A. Strunk, 48 R. Sturani, 157 A. L. Stuver, 7 T. Z. Summerscales, 158 L. Sun, 99 S. Sunil, 108 J. Suresh, 19 P. J. Sutton, 36 B. M. Swinkels, 30 M. J. Szczepaniak, 37 K. M. Tacca, 14 S. C. Tait, 47 C. Talbot, 6 D. Talukder, 73 B. Tanner, 5 M. Tápai, 118 A. Taracchini, 38 J. D. Tasson, 75 J. A. Taylor, 138 R. Taylor, 1 J. S. V. Tewari, 151 T. Theeg, 10 F. Thies, 10 E. G. Thomas, 62 M. Thomas, 7 P. Thomas, 48 K. A. Thorne, 7 K. S. Thorne, 49 E. Thrane, 6 S. Tiwari, 17, 98 V. Tiwari, 36 K. V. Tokmakova, 66 K. Toland, 47 M. Tonelli, 23, 24 Z. Tornasi, 47 A. Torres-Forné, 68 I. A. Torrie, 1 E. Tórrá, 62 F. Travasso, 30, 44 G. Traylor, 7 J. Tristram, 5 M. C. Tringali, 111, 98 L. Trozz, 159, 24 K. W. Tsang, 14 M. Tse, 15 R. Tso, 1 I. T. Tsukada, 84 D. Tsuna, 84 D. Tuyenbayev, 106 K. Ueno, 21 D. Ugolini, 160 C. S. Unnikrishnan, 120 A. L. Urban, 1 A. S. Usman, 36 H. Vahlbruch, 22 G. Vajente, 1 G. Valdes, 2 M. Vallisneri, 49 N. Van Bakel, 14 M. Van Beuzekom, 14 J. J. F. van den Brand, 78, 14 C. Van Den Broeck, 14 D. C. VanderHyde, 45 L. van der Schaaf, 14 J. van Heijningen, 14 A. van Velgeel, 47 M. Vardaro, 55, 56 V. Varma, 49, 5 S. Vass, 1 M. Vasuthi, 50 A. Vecchio, 62 G. Vedovato, 56 J. Veitch, 47 P. J. Veitch, 76 K. Venkateswara, 153 G. Venugopalan, 1 D. Verkindt, 8 F. Vetrano, 122, 123 A. Viceré, 122, 123 A. D. Viets, 21 S. Vinciguerra, 62 J. Vine, 27 I. V. Vinet, 70 S. Vitale, 15 V. Vo, 45 H. Vocca, 43, 44 C. Vorvick, 48 S. Vyatchanin, 65 A. R. Wade, 1 L. E. Wade, 87 M. Wade, 87 R. Walet, 14 M. Walker, 29 Wallace, 3 S. Walsh, 38, 10, 21 G. Wang, 17, 123 H. Wang, 62 J. Z. Wang, 67 H. W. Wang, 106 Y. F. Wang, 96 R. L. Ward, 25 J. Warner, 48 M. Was, 8 J. Watchi, 101 B. Weaver, 48 L.-W. Wei, 10, 22 M. Weiner, 10 M. H. Weinstein, 1 R. Weiss, 15 L. Wen, 68 E. K. Wessel, 12 P. Weßels, 10 J. Westerweck, 10 T. Westphal, 10 K. Wette, 25 J. T. Whelan, 61 S. E. Whittlecomb, 1 B. F. Whiting, 5 C. Whittle, 6 D. Wilken, 10 D. Williams, 47 R. D. Williams, 1 A. R. Williamson, 69 J. L. Willis, 1, 161 B. Willke, 10 M. H. Wimmer, 10 P. W. Winkler, 10 C. C. Wipf, 1 M. W. Witzel, 10, 22 G. Woan, 47 J. Woelherl, 10 J. Wofford, 61 K. W. W. Wong, 96 J. Worden, 48 J. L. Wright, 47 D. S. Wu, 10 D. M. Wysocki, 61 S. Xiao, 1 H. Yamamoto, 1 C. C. Yancey, 79 L. Yang, 162 M. J. Yap, 25 M. Yazback, 5 Hang Yu, 15 Haocun Yu, 15 M. Yvert, 8 A. Zadrozny, 133 M. Zanolin, 37 T. Zelenova, 30 J.-P. Zendi, 56 M. Zevin, 92 L. Zhang, 1 M. Zhang, 141 T. Zhang, 47 Y.-H. Zhang, 61 C. Zhao, 68 M. Zhou, 92 Z. Zhou, 92 S. J. Zhu, 38, 10 X. C. Zimmerman, 93 M. E. Zucker, 1, 15 and J. Zweigi

LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration

Триумф общей теории относительности

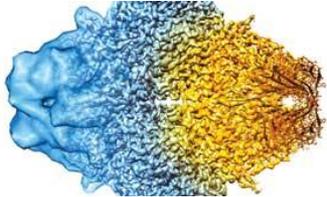


1915, 1916 гг
Создание общей теории
относительности.
Предсказание существования
гравитационных волн



ESA (European Space Agency)

ИСКРИВЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО (*SPACETIME*) КОНТИНУУМА



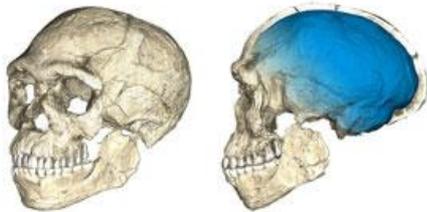
Биомолекулы и биологические структуры на атомном уровне.
Крио-ЭМ



Миниатюрный детектор рассеяния нейтрино на ядрах



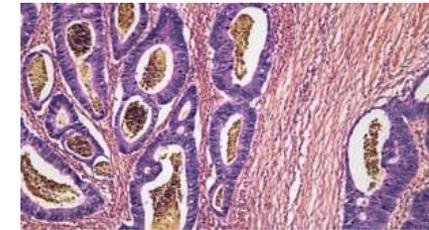
Точечное редактирование пар геномной ДНК



Самые древние (~ 300 000лет) останки *H Sapiens* (Марокко)



Свободный обмен препринтами статей по биологии



Pembrolizumab - лекарство от рака, действующее на генетику раковых клеток



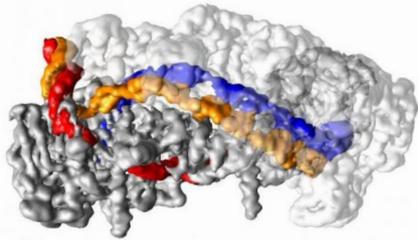
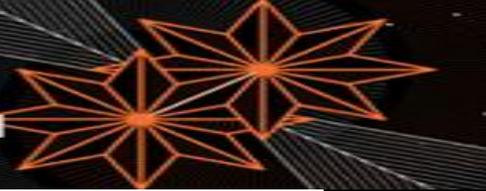
Орангутангу
Pongo tapanuliensis



Лед из Антарктики, замерзший 2.7 миллиона лет тому назад



Генная терапия спинальной мышечной атрофии



Harvard Medical School

Биомолекулы и биологические
структуры на атомном уровне.
Криоэлектронная микроскопия



Фото: Juan Collar / uchicago.edu

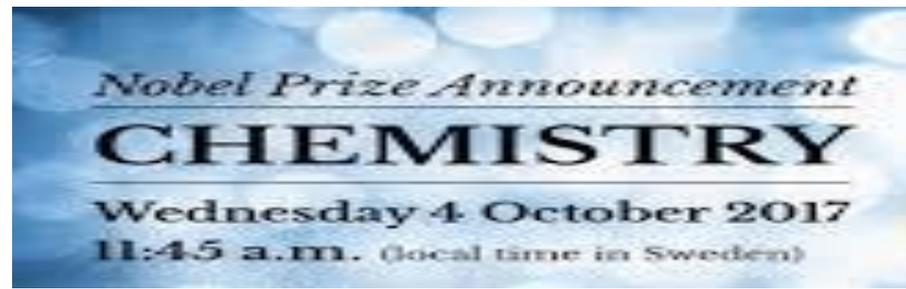
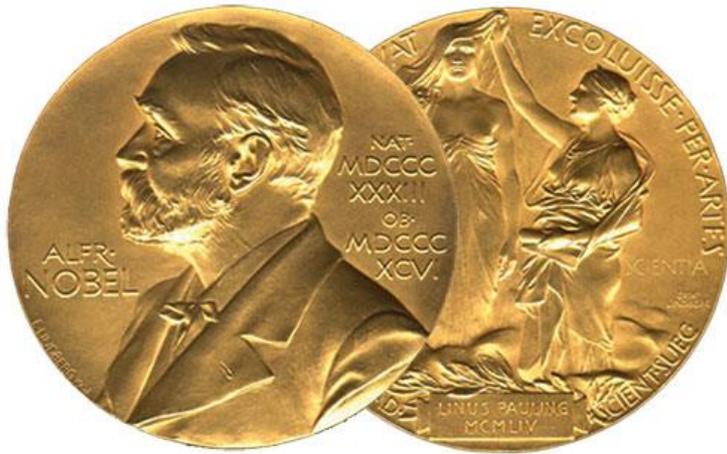
Нейтрино (e , μ , τ)
Миниатюрный детектор
рассеяния нейтрино на ядрах



Nature, Vol. 551, p. 464, 23 November 2017

Точечное редактирование
пар геномной ДНК

Квантовые компьютеры и прогресс в вычислениях
Металлический водород и другие новые материалы



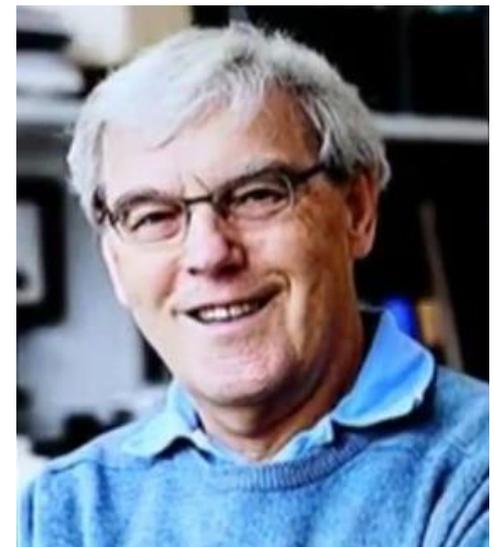
“for the development of cryo-electron microscopy, which both simplifies and improves the imaging of biomolecules”



Jacques Dubochet (b.1940)
University of lausanne (Switzerland)

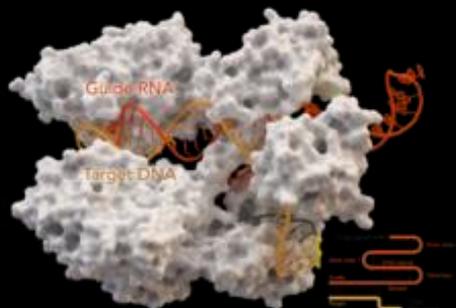


Joachim Frank (b.1940)
Columbia University (USA)



Richard Henderson (b. 1945)
Lab. Molecular Biology/ Cambridge (UK)

Основные методы определения строения биомолекул и биоструктур



X-Ray Crystallography

Необходим кристаллический образец

Размер молекул не ограничен

Атомное разрешение, но кристаллизация может длиться больше года, и образец может разрушиться



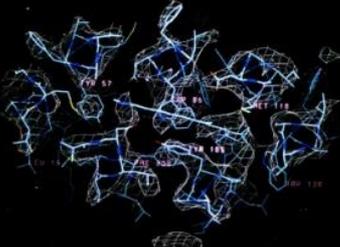
Nuclear Magnetic Resonance

Небольшие молекулы

Реальные структуры протеинов, но многоатомные структуры плохо разрешимы



NMR Bruker Avance 600
ЮФУ



Electron microscopy

Нет особенных ограничений

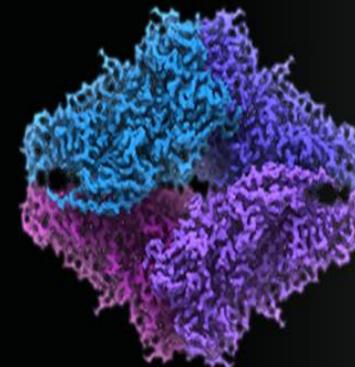
Образцы любого размера

Разрешение до 2-3 Å:

$$\lambda = h/p = h/2emU$$



TEM Tecnai G² Spirit BioTWIN
ЮФУ



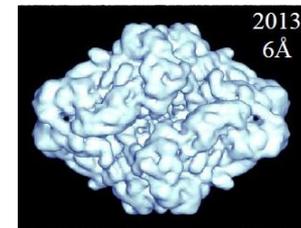
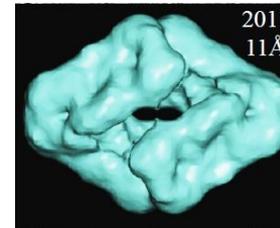
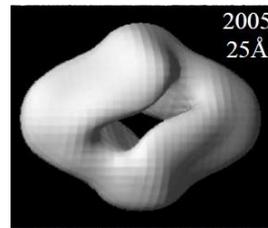
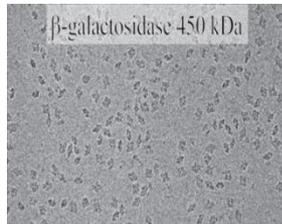
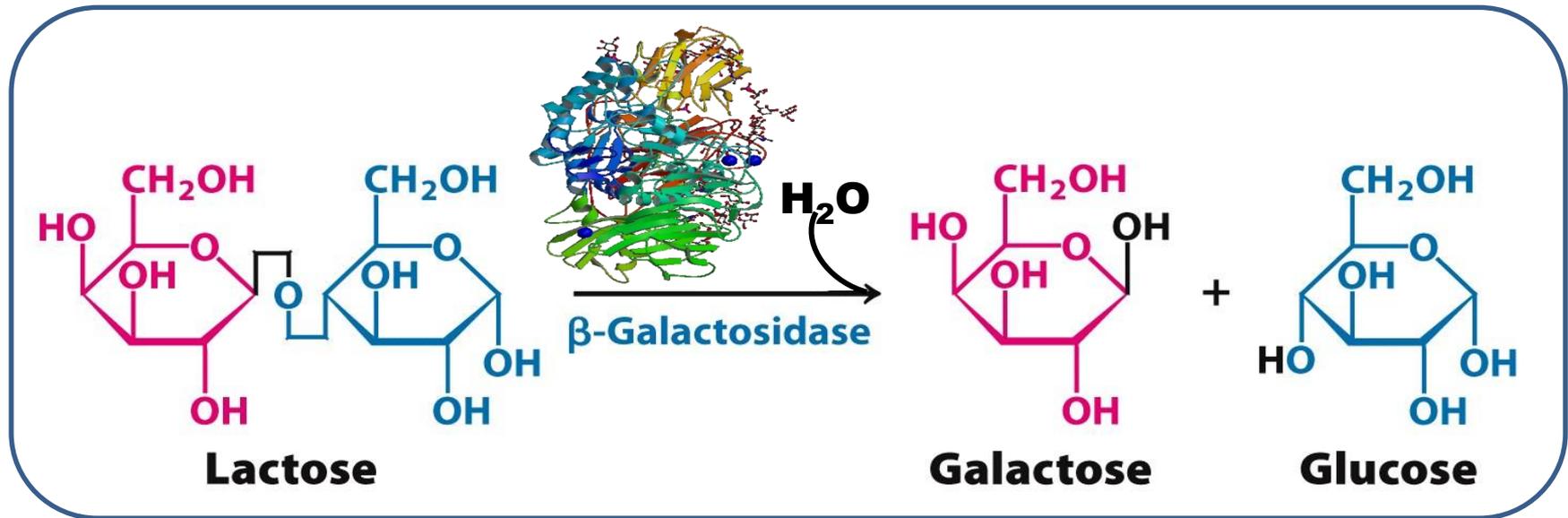
Cryo-Electron Microscopy

Образец замораживается в естественном состоянии

Большие молекулы

Практически атомное разрешение, быстрое приготовление образца

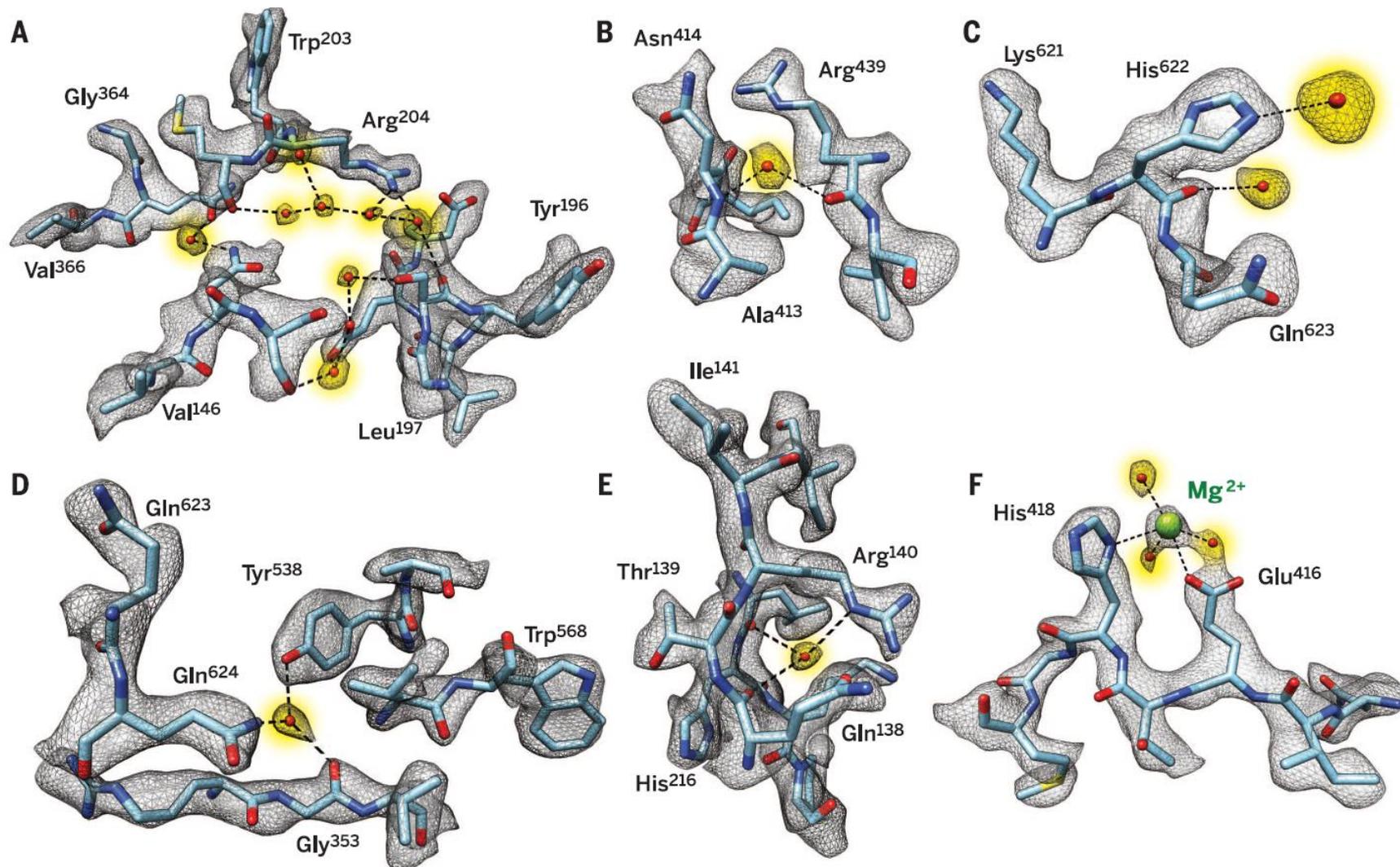
Развитие метода КриоЭМ. Структура фермента бета-галактозидаза



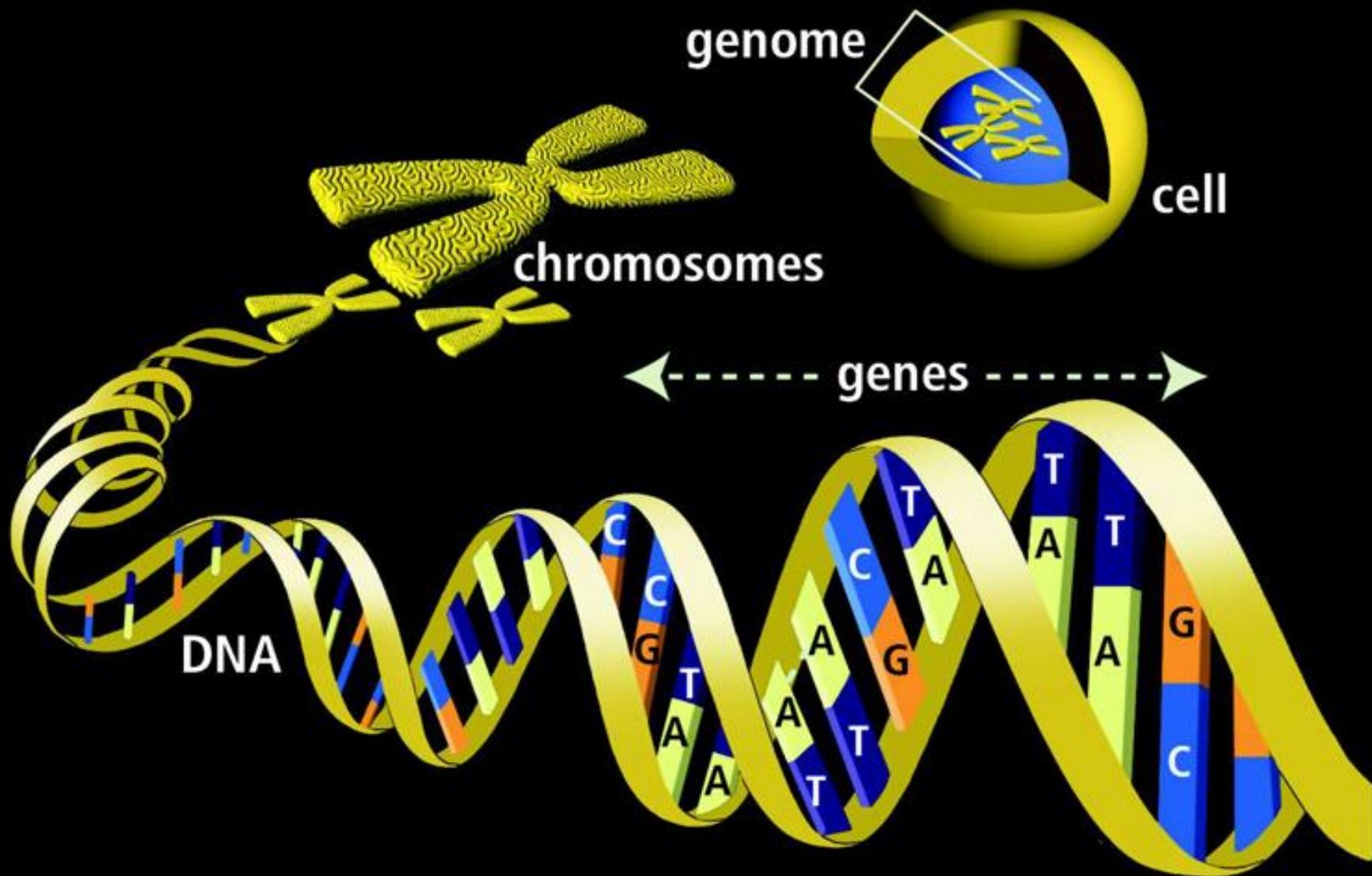
TMITDSLAVV LQRRDWENPG VTQLNRLAAH PPFASWRNSE EARTDRPSQQ LRSLNGEWR FAWFPAPEAVP ESWLECDLPE ADTVVVP SNW QMHGYDAPIY
 TNVTYPITVN PPFVPTENPT GCYSLTFNVD ESWLQEGQTR IIFDGVNSAF HLWCNGRWVG YGQDSRLPSE FDLSAFLRAG ENRLAVMVL R WSDGSYLEDQ
 DMWRMSGIFR DVSL LHKPTT QISDFHVATR FNDDFSRAVL EAEVQMCGEL RDYLRVTVSL WQGETQVASG TAPFGGEIID ERGGYADRVT LRLNVPK L
 WSAEIPNL YR AVVELHTADG TLIEAEACDV GFREVRIENG LLLLNGKPLL IRGVNRHEHH PLHGQVMDEQ TMVQDILLMK QNNFNAVRCS HYPNHPLWYT
 LCDRYGLYVV DEANIETHGM VPMNRLTDDP RWLPAMSERV TRMVQRDRNH PSVIIWSLGN ESGHGANHDA LYRWIKSVDP SRPVQYEGGG ADTTATD IIC
 PMYARVDEDQ PFPAPVKWSI KKWLSLPGET RPLILCEYAH AMGNSLGGFA KYWQAFRQYP RLQGGFVWDW VDQSLIKYDE NGNPWSAYGG DFGDTPNDRQ
 FCMNGLVFAD RTPHPALTEA KHQQQFFQFR LSGQTIEVTS EYLFRRHSDNE LLHWMVALDG KPLASGEVPL DVAPQGKQLI ELPQLPQES AGQLWLTVRV
 VQPNAWSE AGHISAWQQW RLAENLSVTL PAASHAIPHL TTSEMDFCIE LGNKRWQFNR QSGFLSQMWI GDKKQLLTPL RDQFTRAPLD NDIGVSEATR
 IDPNAWVERW KAAGHYQAEA ALLQCTADTL ADAVLITTAH AWQHQGKTLF ISRKTYRIDG SGQMAITVDV EVASDTPHPA RIGLNCQLAQ VAERVNWLGL
 GPQENYPDRL TAACFDRWDL PLSDMYTPYV FPEENGLRCG TRELNYGPHQ WRGDFQFNIS RYSQQQLMET SHRHLLHAE E GTWLNIDGFH MGIGGDDSW S
 PSVSAEFQLS AGRYHYQLVW CQK

2.2 Å resolution cryo-EM structure of β -galactosidase in complex with a cell-permeant inhibitor.

A. Bartesaghi, A. Merck, S Banerjee, D. Matthless, X. Wu, J. Milne, S. Subramanian
Science. 2015, vol. 348. Issue 6239, 1147-1151



Точечное редактирование пар геномной ДНК

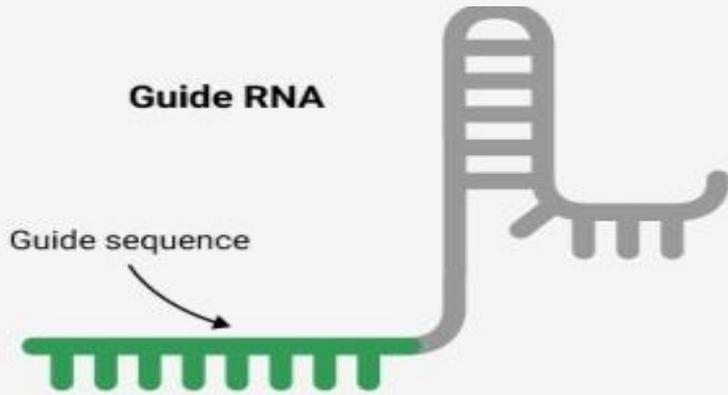




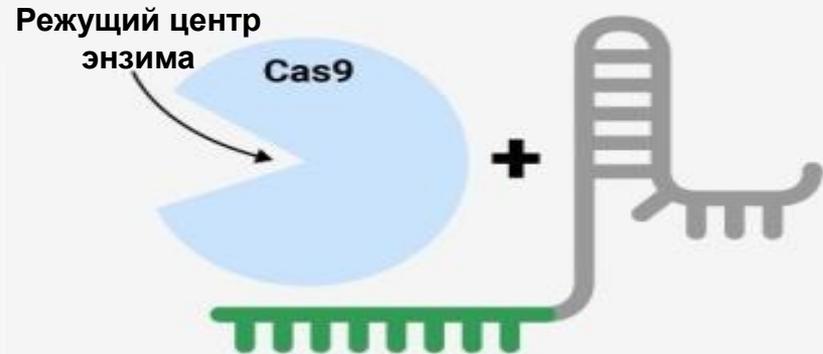
Редактирование генома

(*CRISPR* - Clustered Regularly-Interspaced Short Palindromic Repeats)

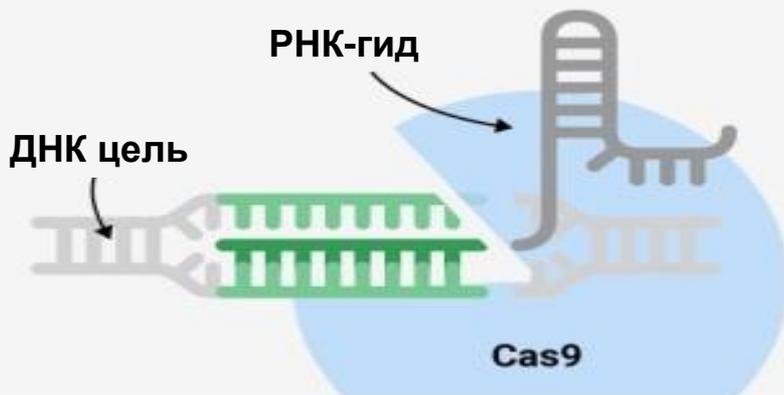
- 1** Создается генетическая последовательность, называемая РНК-гид, комплементарная участку ДНК, который должен быть исправлен



- 2** Эта последовательность вводится в клетку в виде комплекса с протеином Cas9, действующим как ножницы, разрезающие ДНК



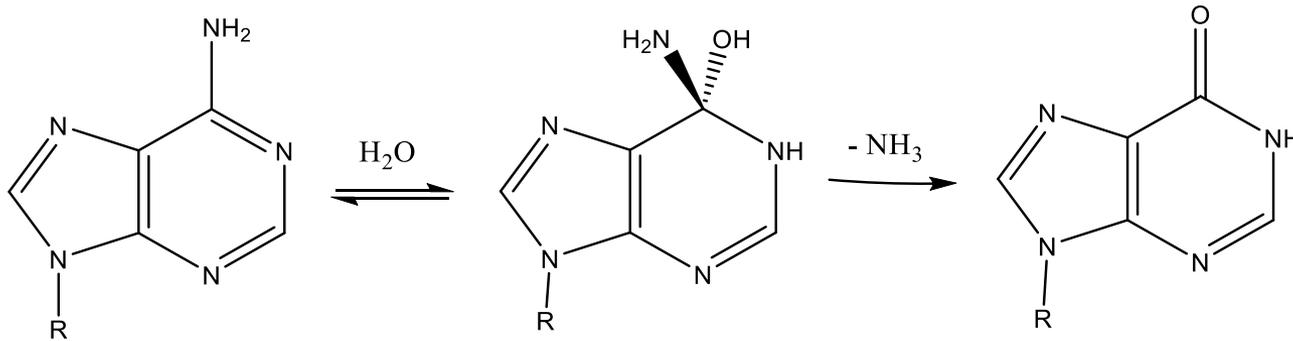
- 3** РНК-гид подстраивается к намеченному для исправления участку ДНК, и Cas9 вырезает этот участок. Затем РНК-гид и Cas9 покидают участок



- 4** Другой фрагмент ДНК занимает место прежней ДНК, и энзимы починяют разрезы. Дефектная ДНК исправлена!

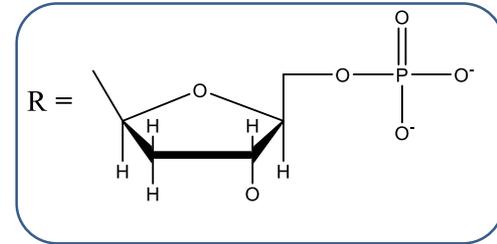


Programmable base editing of A - T to G - C in genomic DNA

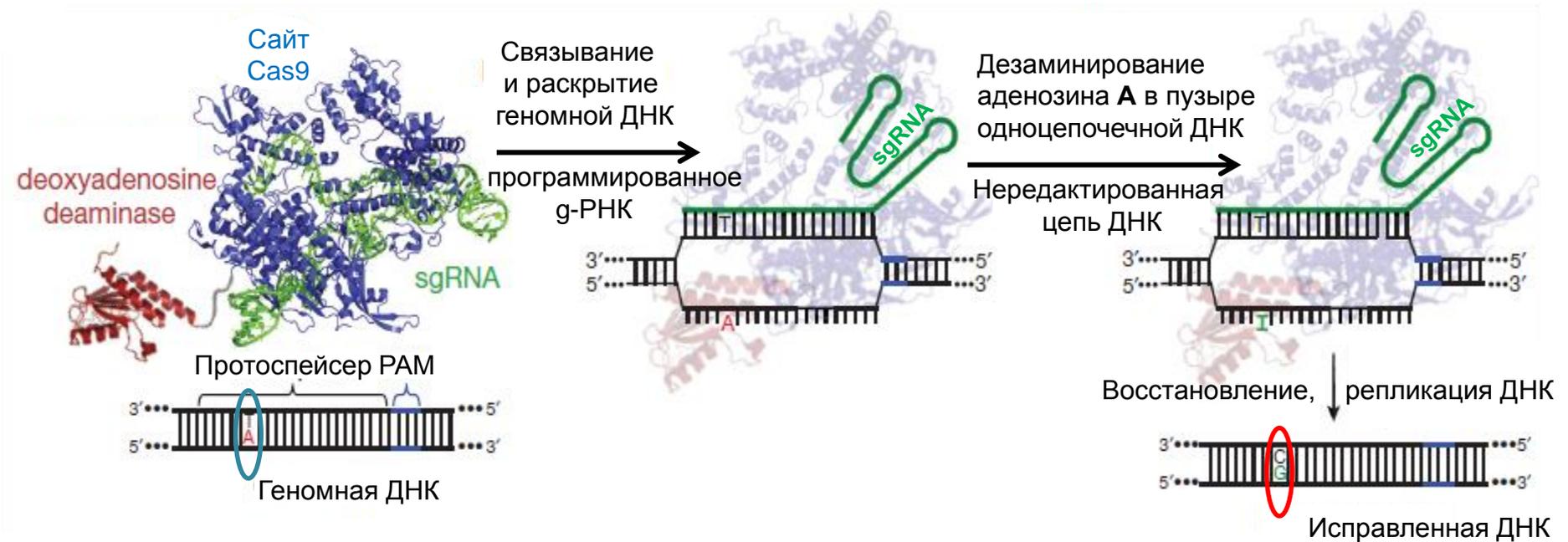


Adenosine
(A)

Inosine
(I)



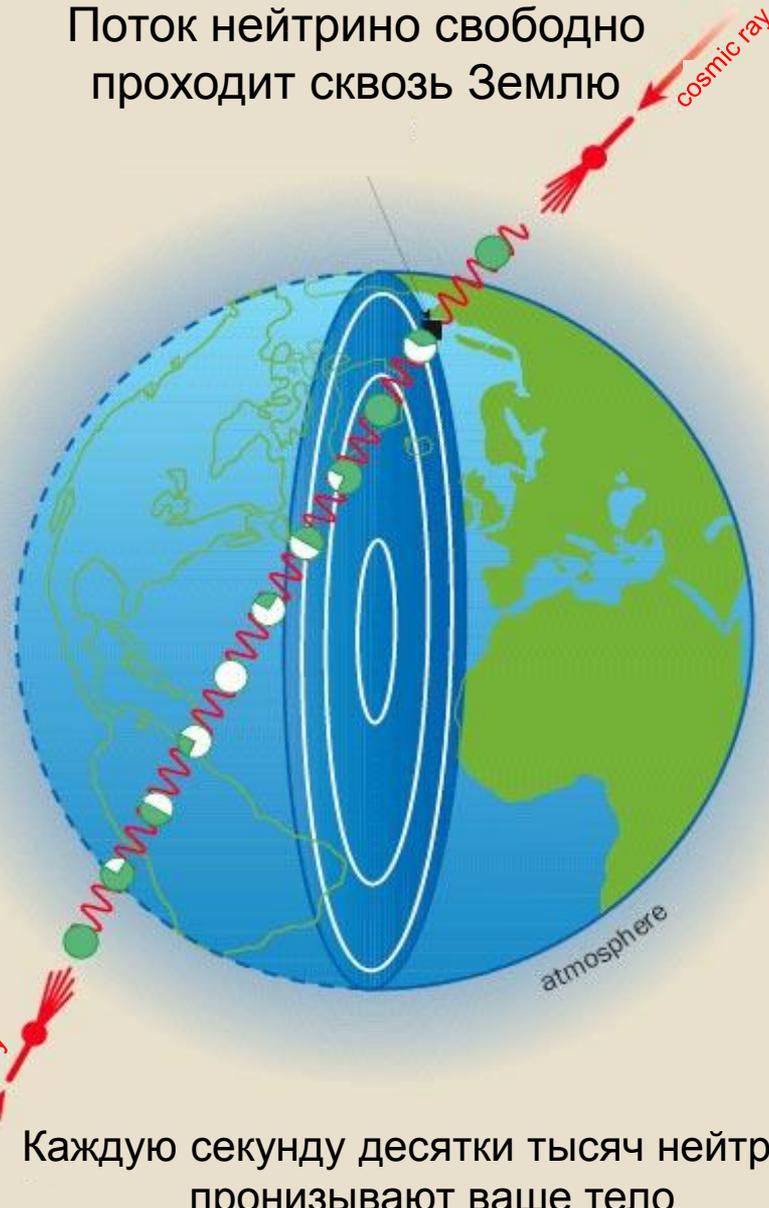
(I) read as **(G)** by polymerase





Нейтрино

Поток нейтрино свободно
проходит сквозь Землю



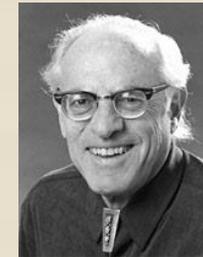
Каждую секунду десятки тысяч нейтрино
пронизывают ваше тело



Wolfgang Pauli

1931

*Постулировал образование
нейтрино при β -распаде*



Frederic Reines

1995

"for the detection of the neutrino"



Takaaki Kajita

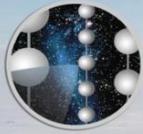


Arthur McDonald

2015

*"for the discovery of neutrino oscillations,
which shows that neutrinos have mass"*

Нейтринная обсерватория Ice Cube (1 km³ of ice)



ICECUBE
SOUTH POLE NEUTRINO OBSERVATORY

49 institutions in 12 countries: 26 U.S. and Canada, 19 Europe and 4 Asia Pacific

50 m

IceTop

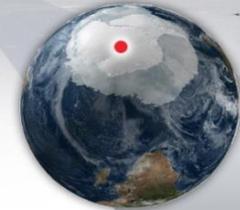


IceCube Laboratory

Data is collected here and sent by satellite to the data warehouse at UW-Madison

1450 m

86 strings of DOMs,
set 125 meters apart



Amundsen-Scott South Pole Station, Antarctica

A National Science Foundation-managed research facility



Digital Optical Module (DOM)

5,160 DOMs
deployed in the ice

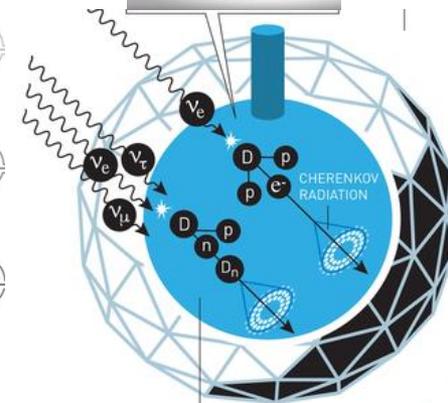
2450 m

IceCube
detector

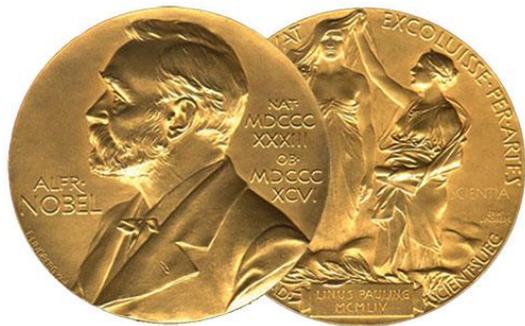
DeepCore

DOMs
are 17
meters
apart

60 DOMs
on each
string



Antarctic bedrock



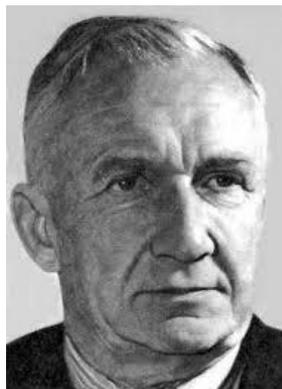
Нобелевская премия по физике

1958

«за открытие и истолкование эффекта Черенкова»



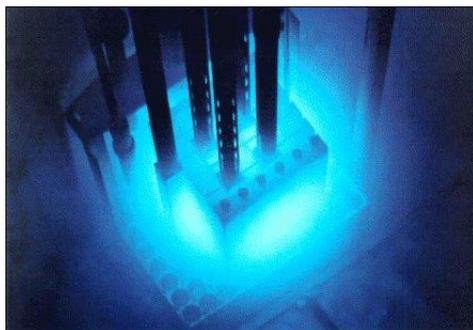
Павел Алексеевич
Черенков
1904-1990



Игорь Евгеньевич
Тамм
1895-1971



Илья Михайлович
Франк
1908-1990



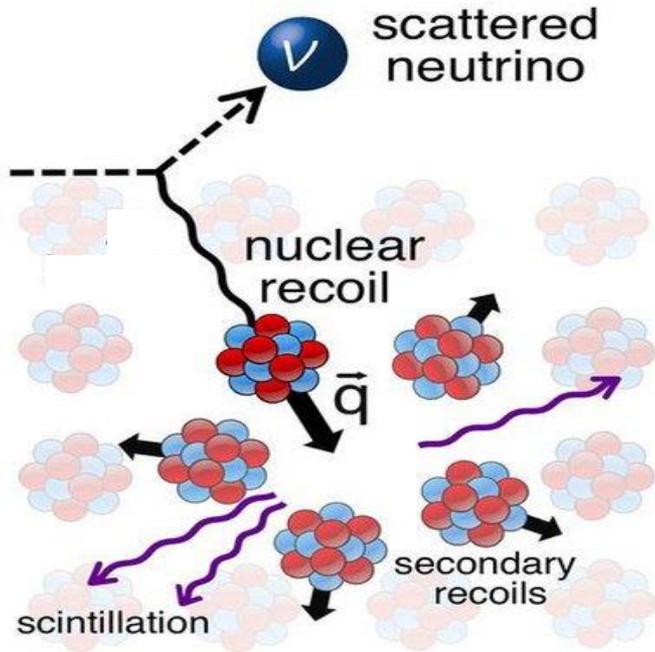
$$v > v_{phase} = c/n$$



Упругое когерентное рассеяние нейтрино на ядрах атомов

D. Akimov et al., Science, 10.1126/science.aao0990 (2017)

D. Akimov,^{1,2} J. B. Albert,³ P. An,⁴ C. Awe,^{4,5} P. S. Barbeau,^{4,5} B. Becker,⁶ **V. Belov**,^{1,2} A. Brown,^{4,7} **A. Bolozdynya**,² B. Cabrera-Palmer,⁸ M. Cervantes,⁵ J. I. Collar,^{9*} R. J. Cooper,¹⁰ R. L. Cooper,^{11,12} C. Cuesta,^{13†} D. J. Dean,¹⁴ J. A. Detwiler,¹³ A. Eberhardt,¹³ Y. Efremenko,^{6,14} S. R. Elliott,¹² E. M. Erkela,¹³ L. Fabris,¹⁴ M. Febraro,¹⁴ N. E. Fields,⁹ W. Fox,³ Z. Fu,¹³ A. Galindo-Uribarri,¹⁴ M. P. Green,^{4,14,15} M. Hai,⁹ M. R. Heath,³ S. Hedges,^{4,5} D. Hornback,¹⁴ T. W. Hossbach,¹⁶ E. B. Iverson,¹⁴ L. J. Kaufman,³ S. Ki,^{4,5} S. R. Klein,¹⁰ **A. Khromov**,² **A. Konovalov**,^{1,2,17} M. Kremer,⁴ **A. Kumpan**,² C. Leadbetter,⁴ L. Li,^{4,5} W. Lu,¹⁴ K. Mann,^{4,15} D. M. Markoff,^{4,7} K. Miller,^{4,5} H. Moreno,¹¹ P. E. Mueller,¹⁴ J. Newby,¹⁴ J. L. Orrell,¹⁶ C. T. Overman,¹⁶ D. S. Parno,¹³ S. Penttila,¹⁴ G. Perumpilly,⁹ H. Ray,¹⁸ J. Raybern,⁵ D. Reyna,⁸ G. C. Rich,^{4,14,19} D. Rimal,¹⁸ D. Rudik,^{1,2} K. Scholberg,⁵ B. J. Scholz,⁹ G. Sinev,⁵ W. M. Snow,³ **V. Sosnovtsev**,² **A. Shakirov**,² S. Suchyta,¹⁰ B. Suh,^{4,5,14} R. Tayloe,³ R. T. Thornton,³ I. Tolstukhin,³ J. Vanderwerp,³ R. L. Varner,¹⁴ C. J. Virtue,²⁰ Z. Wan,⁴ J. Yoo,²¹ C.-H. Yu,¹⁴ A. Zawada,⁴ J. Zettlemoyer,³ A. M. Zderic¹³ **COHERENT Collaboration**



“The coherent elastic scattering of neutrinos off nuclei has eluded detection for four decades, even though its predicted cross-section is the largest by far of all low-energy neutrino couplings. This mode of interaction provides new opportunities to study neutrino properties, and leads to a miniaturization of detector size, with potential technological applications.”

ЮФУ в проекте Мегасайенс

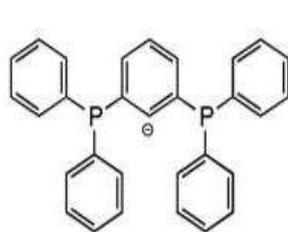


Фото: European XFEL / Heiner Muller-Elsner

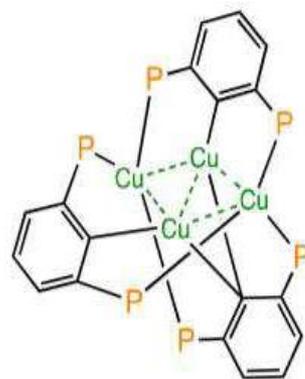
XFEL - x-ray free electron laser

Вспышек в секунду	27 000	В 10^9 раз выше, чем в существующих источниках.
Длина волны	0.05 – 4.7 нм	Атомное разрешение
Продолжительность импульса	Менее 100 фс 1 фс = 10^{-15} с	Химическая реакция Фазовый переход
Яркость	$1.6 \cdot 10^{25}$ фотонов/с/мм ²	В 10^4 выше всех доступных источников

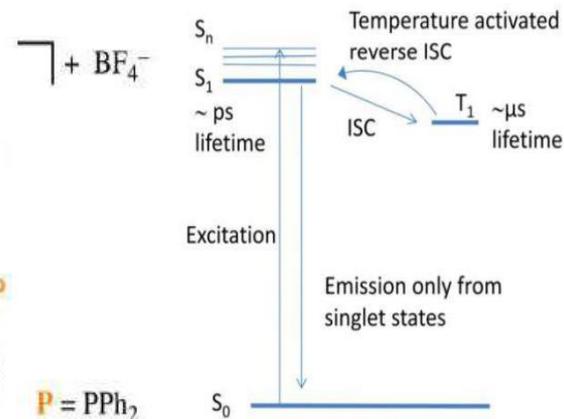
[2052] Singlet excited state of Cu-based material for Organic Light Emitting Diodes probed with pump-probe X-ray scattering and emission



PCP



P = PPh₂



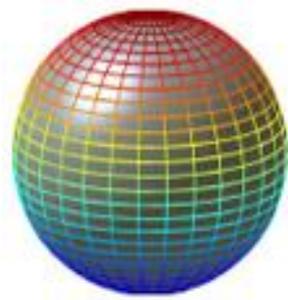
Первый российский эксперимент в программ XFEL предложен группой сотрудников МИЦ ЮФУ
Григорием Смоленцевым и Александром Гудой

Квантовые компьютеры

Бит

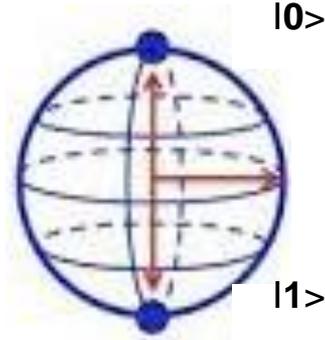


0



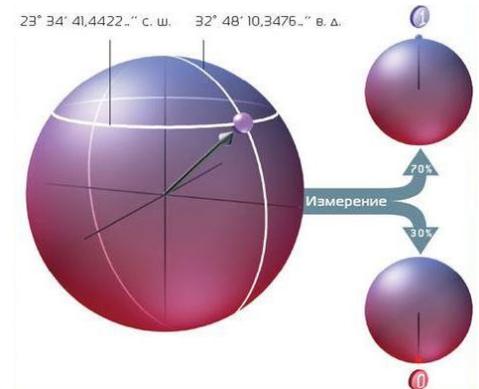
1

Кубит



$$|\Psi\rangle = c_0|0\rangle + c_1|1\rangle$$

L qubits - 2^L состояний



D-Wave (Канада)

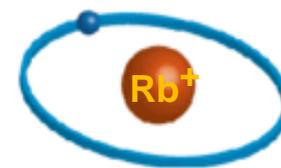
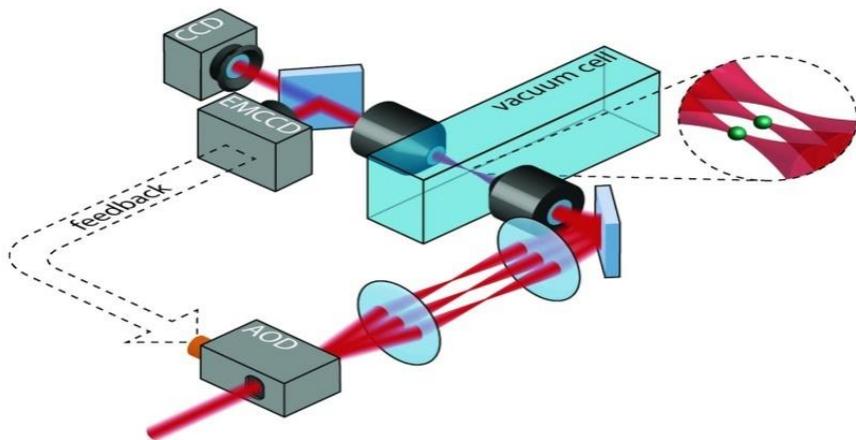
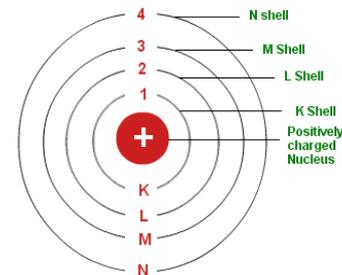
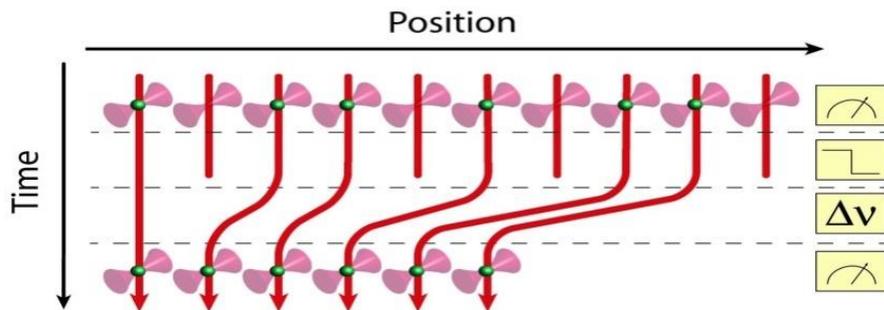
Первый коммерческий (~ \$ 11 млн) квантовый компьютер



5-кубитовый компьютер IBM

Первый квантовый компьютер для всеобщего пользования

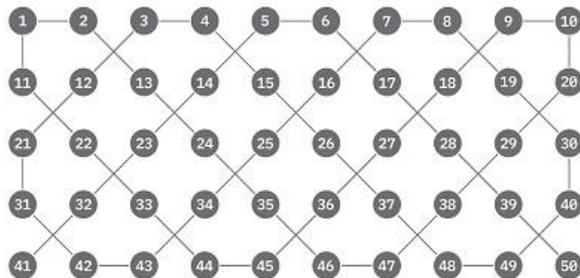
Принцип работы квантового компьютера (Google, Harvard, MIT) на Ридберговских атомах Rb

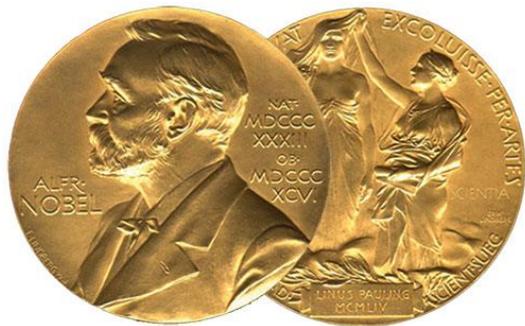


$|0\rangle (n=1)$



$|1\rangle (n=50-1000)$





Нобелевская премия по физике

1997

«за создание методов охлаждения и улавливания атомов лазерным лучом»



Клод Коэн-Таннуджи
р. 1933
Франция



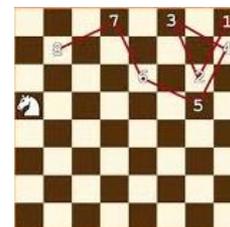
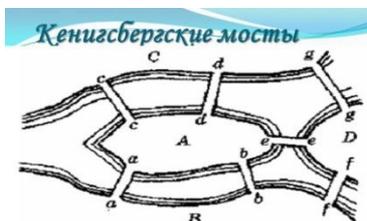
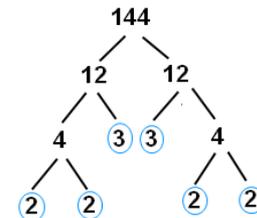
Стивен Чу
р. 1948
США



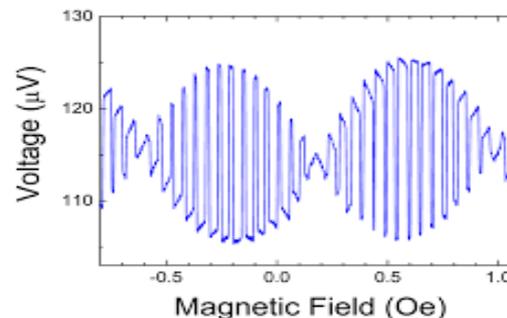
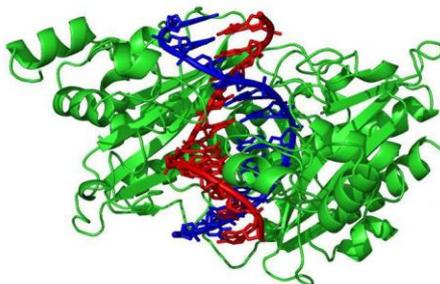
Уильям Филлипс
р. 1948
США

Что лучше всего могут делать квантовые компьютеры и квантовые симуляторы

- Факторизация. Разложение чисел на простые множители
- NP (*non deterministic polynomial*) задачи. Оптимизация поиска. Нахождение глобального минимума

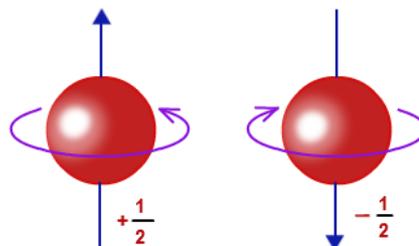
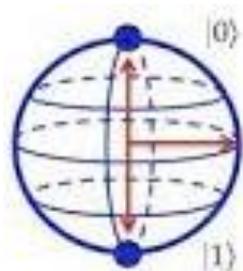


- Моделирование сложных физических систем

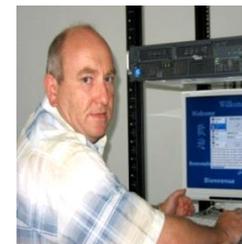
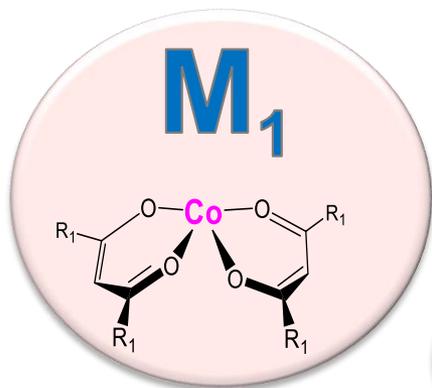


- Развитие квантовой информации (можно передавать, но нельзя дублировать)
- Проблема больших данных: преимущество 2^L

Квантовые биты (кубиты) на основе молекул



Молекулярный двухкубитовый квантовый вентиль M_1 -L- M_2

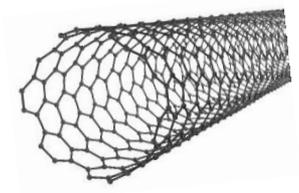


Д.х.н А.Г. Стариков
К.х.н А.А. Старикова

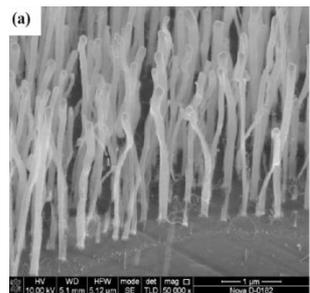
- не менее двух парамагнитных во всех состояниях центров;
- оба металлоцентра способны к переключению спиновых состояний (спин-кроссовер, VT)
- между парамагнитными центрами имеются слабые обменные взаимодействия - **квантовая запутанность**
- соответствие критериям Ди Винченцо



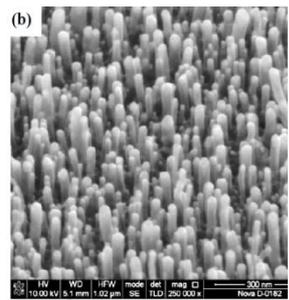
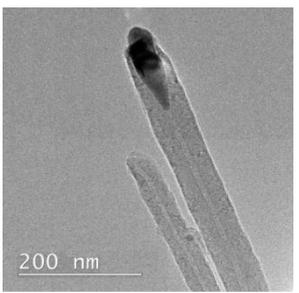
Стрэйнтроника – новый подход к созданию устройств обработки и хранения информации



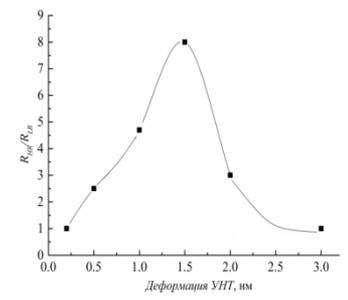
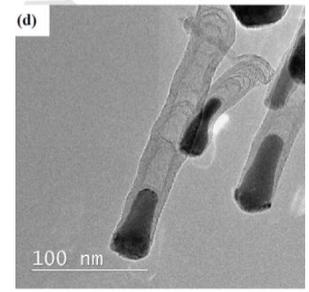
Углеродные нанотрубки



Сканирующая ЭМ



Просвечивающая ЭМ



$R = f(\text{deform})$



M.V. Il'ina, O.I. Il'in, Y.F. Blinov, V.A. Smirnov, A.S. Kolomyitsev, A.A.Fedotov, B.G. Konoplev, O.A. Ageev.
«Memristive switching mechanism of vertically aligned carbon Nanotubes». *Carbon* (2017), doi: 10.1016/j.carbon.2017.07.090

Металлический водород



Джон Бернал
1901-1971



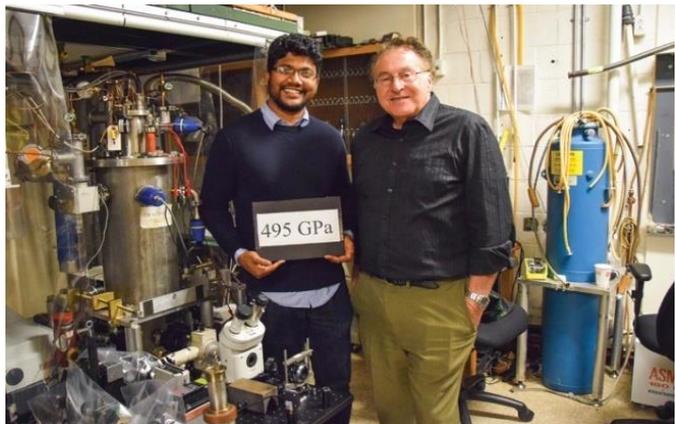
Юджин Вигнер
1902 -1995

1930, 1935

Гипотеза о возможности металлического состояния водорода
при давлении ~ 250 тыс. ат.

Wigner, E. & Huntington, H. B. *J. Chem. Phys.* **3**, 764–770 (1935)

Металлический водород



Ranga Dias, Isaac F. Silvera. Harvard University

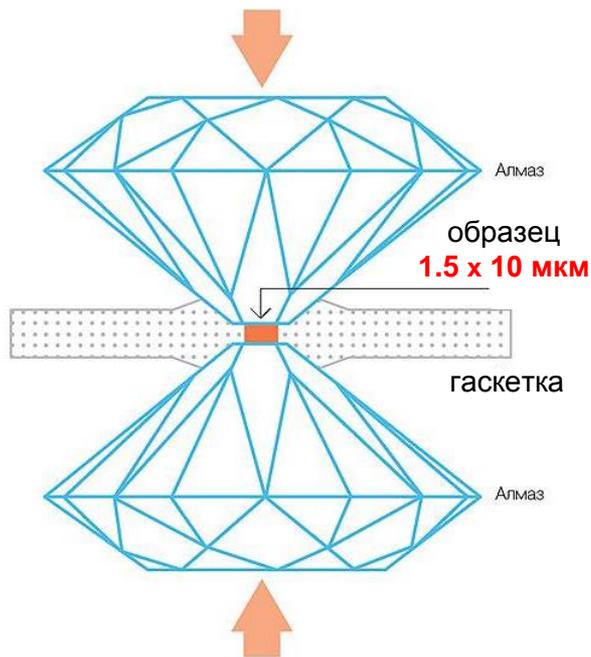
Dias, R.; Silvera, I. F.

"Observation of the Wigner-Huntington Transition to Solid Metallic Hydrogen"

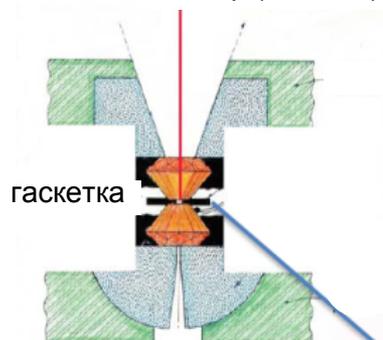
Science. **355**: 715–718

(2016) [arXiv:1610.01634](https://arxiv.org/abs/1610.01634) [[cond-mat](#)].

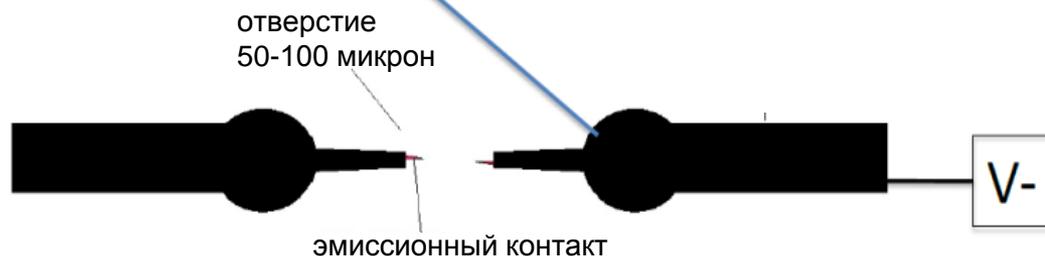
495 ГПа \cong 5 000 000 ат



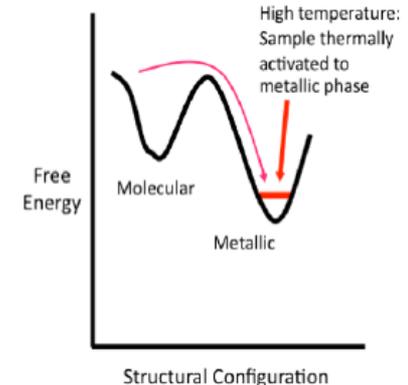
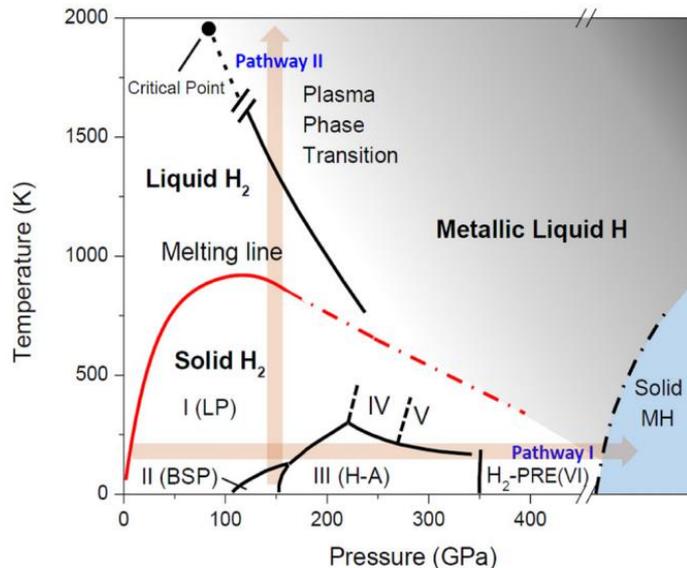
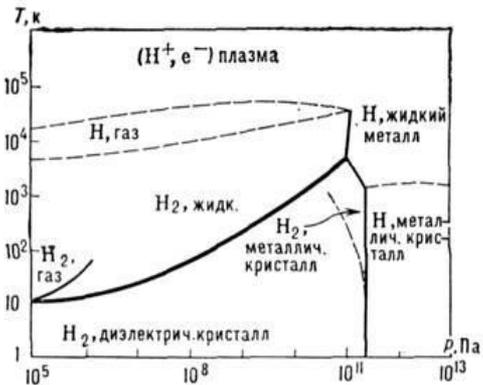
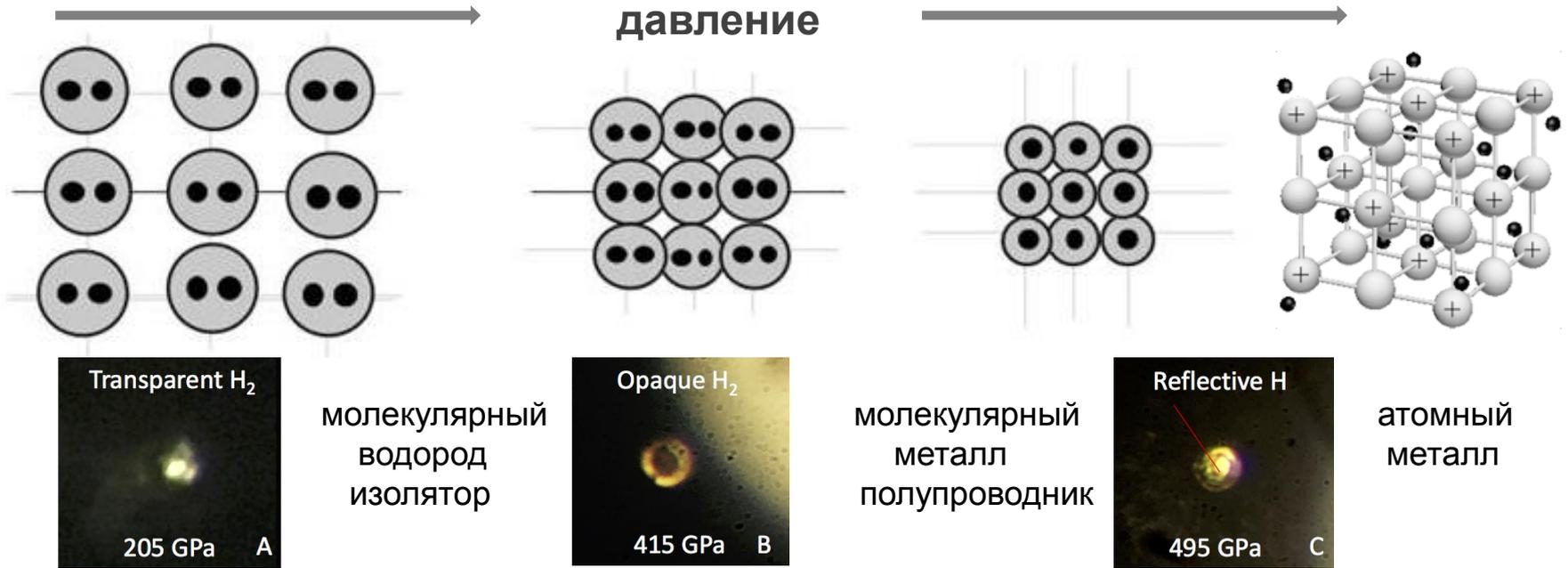
ND:YAG лазер (1064 нм)

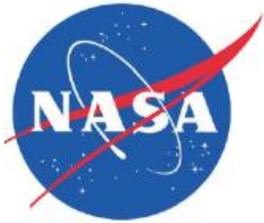


напряжение V создает высокое электрическое поле на миниатюрных контактах и эмитирует $\sim 10^{12}$ электронов в секунду в находящийся под давлением образец жидкого водорода



Металлический водород





Some Remarkable Properties of Metallic Hydrogen

**Metallic Hydrogen:
A Game Changing Rocket
Propellant**

Isaac F. Silvera
Lyman Laboratory of Physics
Harvard University, Cambridge, MA 02138

- Recombination of hydrogen atoms releases 216 MJ/kg
- Hydrogen/Oxygen combustion in the Shuttle: 10 MJ/kg
- TNT 4.2 MJ/kg

•Theoretical Specific Impulse, Isp

•Metallic Hydrogen 1000-1700s

•Molecular hydrogen/oxygen ~460 s (space shuttle)



Академик Александр Михайлович Сергеев
Президент Российской Академии Наук

**«Не будет у нас фундаментальной науки — это будет
большая беда, потому что по многим
направлениям — военным и другим —
научно-технический задел исчерпан. Он может
восстанавливаться только фундаментальной наукой»**

А.М. Сергеев в ходе встречи с членами Совета Федерации. 31.10.17

С НАСТУПАЮЩИМ



8 ФЕВРАЛЯ

ДНЕМ РОССИЙСКОЙ НАУКИ!

THE PAPER MOUNTAIN

If you were to print out just the first page of every item indexed in Web of Science, the stack of paper would reach almost to the top of Mt Kilimanjaro. Only the top metre and a half of that stack would have received 1,000 citations or more, and just a centimetre and a half would have been cited more than 10,000 times. All of the top 100 are cited more than 12,000 times, besting some of the most recognizable scientific discoveries in history.

Height
6,000 m

5,500 m

5,000 m

4,500 m

4,000 m

3,500 m

3,000 m

2,500 m

2,000 m

1,500 m

1,000 m

500 m

0 m

100-999 CITATIONS
(1,066,046 papers)

10-99 CITATIONS (13,104,875 items)

1-9 CITATIONS (18,280,005 items)

0 CITATIONS (25,532,701 items)



Burj
Khalifa
828 m

Eiffel
Tower
301 m

TOP-100
PAPERS

Watson and Crick
on structure of
DNA (1953)
5,207 citations

Farman, Gardiner &
Shanklin discover the
ozone hole (1985)
1,871 citations

Hirsch proposes
the h index to
measure scientific
productivity (2005)
1,797 citations



TOP-10 PAPERS

Just 3 papers have received more than 100,000 citations, putting them well ahead of the rest. These runaway hits all cover biological lab techniques, which in general dominate the list of most-cited literature, including 7 of the top 10.



Data provided by Thomson Reuters/Web of Science. Individual paper citation figures extracted 7 October 2014. Distribution of citations in database: 19 September 2014

Nature-top-100 papers

Infographic

V2-30.10.14