عالم استیون هاوکینگ

نوشتهٔ جان باسلو

ترجمهٔ رضا سندگل

بسم الله الرحمن الرحیم

مؤسسه خدمات فرهنگی رسا

از این کتاب تعداد ۳۳۰۰ نسخه در چاپخانه خیام نوچاپ
و در صحافی پژمان صحافی گردید
چاپ اول ــ ۱۳۶۹
تمام حقوق برای ناشر محفوظ است

عالم استیون هاوکینگ

معرفی خارق العاده‌ترین دانشمند روزگار ما

نوشتهٔ جان باسلو

ترجمهٔ رضا سندگل

این اثر ترجمه‌ای است از:

Stephen Hawking's Universe

First Avon Books Printing: June 1989
New York. By John Boslough

با تشکر از راهنمائی‌های استاد احمد بیرشک،
ترجمهٔ حاضر به حضور ایشان تقدیم می‌شود.
رضا سندگل

توجه

توضیحات نویسنده در پانوشت با علامت ستاره مشخص شده و بقیهٔ پانوشت‌ها از مترجم است. توضیحات مترجم در متن در داخل علامت [ ] قرار گرفته است.

مترجم

فهرست مندرجات

مقدمه ۱۳

کوارک ها و اخترنماها ۱۷

در برابر غرایب ۲۵

چشمان گالیله ۳۹

ربّاط اینشتین ۵۳

برخورد با سیاهچال ۶۹

سیاهچال های منفجرشونده ۸۱

پرسش نهایی ۹۹

حباب یا انفجار ۱۱۵

اصل آنتروپی ۱۳۵

ضمیمه ۱۴۷

تقریظ ها

«یک نوشتهٔ هیجان‌انگیز و منحصر به فرد، کتابی که شما را نسبت به امور عالم و شجاعت اندیشهٔ استیون هاوکینگ متحیر خواهد ساخت!»

سان فرانسیسکو کرونیکل

«یک نگاهی اجمالی از نزدیک به زندگی بزرگترین دانشمند روزگار ما، فیزیکدان برجستهٔ گرفتار صندلی چرخدار که کتاب **سرگذشت مختصر زمان** او، در ردیف اول کتاب‌های علمی پرفروش قرن حاضر قرار گرفته است. داستان تلاش بی‌وقفهٔ استیون هاوکینگ برای دستیابی به راز سرچشمه‌های عالم، برای همیشه روش نگریستن شما به ستارگان و.... و موقعیت شما را در میان آنها تغییر خواهد داد.

«داستان یک انسان خارق‌العاده که مقدر بود به منزلت گالیله، نیوتن و اینشتین برسد».

شیکاگو تریبیون

«یک اثر خواندنی سرگرم کنندهٔ غیرمنتظره و غیرعادی!»

نشوین تنسین

به تعبیر خود او مثبت!

مشتمل بر متن کامل سخنرانی افسانه‌ای هاوکینگ تحت عنوان «آیا پایان

فیزیک نظری نزدیک است؟»

«یک معرفی عالی درباب هیجان انگیزترین تلاش روشنفکرانهٔ روزگار ما!»

بوستون لجر

«هیچ کس نمی توانست موضوعی را محکم‌تر از این، تجسم بخشد!»

هیوستون پست

«این یک اثر علمی ممتاز است که انفجار بزرگ و اضمحلال بزرگ را هماهنگ می‌سازد...»

پابلیشرز ویکلی

«جلوه‌هائی ارزشمند از این انسان دلیر، زیرک و هوشمند».

لوس آنجلس تایمز

سپاسگزاری

اشخاص متعددی در تدوین این کتاب مؤثر بودند. مخصوصاً میل دارم تا از استیون هاوکینگ که ساعات بسیاری را در کمبریج با من گذراند و توضیحات روشنگرانهٔ او در زمینهٔ ریاضیات و زیبائی کیهان و مطالعهٔ دقیقی که از دستنویس کتاب به عمل آورد تشکر کنم. اشتیاق و وسواس آن کی. دوویور[1] در جمع‌آوری عکس‌ها نیز از ضروریات انجام این کار بود.

همچنین مایلم از موری جل مان[2]، که برنامهٔ جمع‌آوری قارچ را در آسپن کلرادو[3] رها کرد، تا دربارهٔ ارتباط بین مکانیک کوانتوم و فیزیک نسبیت با من صحبت کند؛ تشکر کنم. همین‌طور از نکات پیشنهادی همکاران فعلی و سابق استیون هاوکینگ، یان موس[4]، مالکولم پری[5]، کیپ ثورن[6] و راجر پن‌رُز[7] قدردانی می نمایم.

کاترین باسلو[8] و جیمز باسلو[9] به جهت حمایت و ادراکشان سزاوار تشکرات خاص‌اند و این مطلب در مورد جودی کاب[10] هم که مایهٔ

1. Anne K. Du Vivier.
2. Murray Gell-Man.
3. Aspen, Colorado.
4. Ian Moss.
5. Malcolm Perry.
6. Kip Thorne.
7. Roger Penrose.
8. Katherine Boslough.
9. James Boslough.

دلگرمی و تشویق من بود، صدق می‌کند. از دان اُکیف[11]، جان براکمن[12]، کاتینکا ماتسن[13]، دبورا الیز وایت[14] و داگلاس شتومپف[15] و همچنین لیندا کرتین[16] و استوارت پاول[17]، برای اینکه در سفرهای متعددی به انگلستان مرا تحمل کردند، تشکر می‌کنم.

10. Jodi Cobb.
11. Dan O' Keefe.
12. John Brockman
13. Katinka Matson
14. Deborah Elise White.
15. Douglas Stumpf.
16. Linda Creighton.
17. Stewart Powell.

مقدمه

در یک صبح بهاری سال ۱۹۷۴ مرد جوانی با لباس رسمی، از پله‌های عمارتی با ستون‌های سفید مشرف بر پارک سنت جیمز لندن[1] بالا برده شد. او در صندلی چرخداری نشانده و به داخل تالار اجتماعات ساختمان شمارهٔ ۶ کارلتن هاوس تراس[2] برده شد تا به یکی از بزرگترین افتخارات بریتانیای کبیر، یعنی معرفی در انجمن سلطنتی[3]، که یکی از برجسته‌ترین انجمن‌های دنیاست؛ نائل گردد.

استیون ویلیام هاوکینگ، در سن سی و دو سالگی یکی از جوانترین افراد معرفی شده در تاریخ انجمن بود و این افتخار برای قدردانی از کارش در فیزیک نظری به او اعطا شد. طبق سنتی که به قرن هفدهم می‌رسد، رسم بر این است که اشخاص تازه منتخب به جایگاه مخصوص بروند تا با رئیس انجمن دست بدهند و فهرست افتخار را امضا کنند. اما در این مراسم اعطای افتخار، سر آلن هاجکین[4]، زیست‌شناس برندهٔ جایزهٔ نوبل و رئیس انجمن، دفتر ثبت‌نام را از جایگاه به کنار صندلی چرخدار هاوکینگ در قسمت جلوی تالار آورد. در حالی که عضو جدید با زحمت

1. London's St.James's Park.
2. Carlton House Terrace.
3. Royal Society.
4. Sir Alan Hodgkin.

مشغول امضا بود، سکوتی طولانی بر تالار مستولی شد. هنگامی که او با تبسمی آشکار از کار امضا فارغ شد، غریو تحسین برخاست.

من هفت سال بعد، برای نخستین بار در راهروی بیرون از آن تالاری که مراسم مذکور صورت گرفته بود، با هاوکینگ دیدار کردم. ما توسط راجر پن رز، ریاضیدان و فیزیکدان نظری در دانشگاه آکسفورد، به یکدیگر معرفی شدیم. پن رز، دوست و همکار قدیمی هاوکینگ، خود دو سال جلوتر از آن تاریخ و تا حدودی برای کارهائی که آن دو با یکدیگر انجام داده بودند، به انجمن معرفی شده بود.

از ۱۹۶۲ به بعد، هاوکینگ به بیماری لاغرکننده‌ای، به نام بیماری سلول های اعصاب محرک[5] مبتلا شده بود. این بیماری تدریجاً بیشتر فعالیت های عصبی و عضلانی او را متوقف کرده است. او نمی‌تواند راه برود و به سختی حرف می زند. پن رز و دیگران به من هشدار داده بودند که او را در وضعیتی بدتر از آنچه تصور می‌کردم، خواهم دید.

در واقع، من متحیر بودم. درمقابل من یکی از مشهورترین دانشمندان جهان، مردی که از خودم چندان مسن‌تر نبود؛ روی صندلی چرخدارش ولو شده بود. به حدس من وزنش از پنجاه کیلو بیشتر نمی‌شد. آن قدر لاغر بود که قضاوت در مورد قامتش غیرممکن بود، هرچند که متوسط به نظر می رسید و شاید قدی در حدود ۱۶۵ سانتی متر داشت. چهره‌اش جوان، اما جسمش به شکنندگی و ساختار عضلانی یک پیرمرد زمینگیر بود.

هنگامی که پن رز معارفه را به پایان رساند، هاوکینگ با چنان صدای ضعیفی شروع به صحبت کرد که برای شنیدن صدایش به ناچار خم شدم. به نظر می رسید با زحمت بسیار صحبت می‌کند؛ صدایش نالهٔ پرزحمتی بود که با نفس نفس زدن ادا می شد. به پن رز نگاه کردم که راهنمایی کند. او

5. motor neuron disease.

به سرعت صحبت هاوکینگ را این طور ترجمه کرد: «ساعت یازده سه‌شنبه آینده، شما را در دفترم می‌بینم».

سپس از پن رز پرسیدم که احتمالاً هاوکینگ روز بدی را پشت سر گذاشته است. پن رز گفت که برعکس، فکر می‌کند که او کاملاً سرحال به نظر می‌آید.

من هاوکینگ را در کمبریج و ایالات متحده بسیار دیده‌ام و هر بار که می‌دیدم، تعجب می‌کردم که چطور این وضع را تحمل می‌کند. او دوازده سال است که راه نمی‌رود و صدایش آنقدر ضعیف است که تنها معدودی از نزدیکان می‌توانند بفهمند. با این همه چنان کوشش‌های مهمی در فیزیک نظری نسل خویش انجام داده است که نحوه برداشت ما را از عالم دگرگون می‌کند.

وقتی با هاوکینگ آشنا شدم، حقیقت روشن شد. اگرچه او محققاً مردی است محکم و سرسخت، اما کار دشوار او فقط به دلیل اراده‌اش برای زندگی یا این حقیقت که خطری را از سر گذرانده است، نیست. او به دلیل ذکاوت خود موفق می‌شود و از آنجا که صدمات ناشی از بیماری بیست ساله‌اش توان بدنی وی را گرفته، او هم به زندگی فکری روی آورده است.

اندیشهٔ هاوکینگ نیرومندترین ابزار اوست. و کار، سرگرمی، تفریح، خوشی ــ و زندگی او ــ نیز هست. صندلی چرخدارش به او فرصت ویژه‌ای برای پرداختن کامل به این اندیشه می‌دهد که: عالمی که ما در آن سکونت داریم چطور بوجود آمد، چطور ادامه پیدا می‌کند و چطور به پایان خواهد رسید؟ او که مردی است کاملاً فکور، قدرت ذکاوت آدمی را در پی بردن به کُنه عالم، در هنگامی که اندیشهٔ سرکش آزاد است؛ نشان می‌دهد.

۱

کوارک ها و اخترنماها

«مسئلهٔ تحقیق برای درک عالم، طرز کارش و اینکه از کجا آمد، پیگیرترین و بزرگترین مخاطرهٔ تاریخ بشری است. دشوار است تصور شود که مشتی از ساکنان سیاره‌ای ناچیز که بر گرد یک ستارهٔ بی‌اهمیت، در یک کهکشان کوچک می‌گردد، درک کامل همه عالم را هدف خود قرار دهند، ذره کوچکی از عالم کائنات به راستی بر این باور است که می‌تواند کل آن را دریابد».

موری جل‌مان، که این مطلب را بیان کرد، خود از گروه فیزیکدانان نظری است که به این مخاطره کشیده شده‌اند. آنان در قلب عالم در جست و جوی یک اثر متقابل (برهمکنش) مستقل[1] اند، اثری که بتواند تمام پدیده‌های پیرامون ما را توضیح دهد.

کار دستیابی به این اثر مستقل، چنان شگفت‌آور است که حتی از نظر اینشتین هم، که سی سال آخر عمرش را صرف تفحصی ناموفق در وحدت کرد، به دور ماند. امروزه، تقریباً سی سال بعد از مرگ اینشتین، قدری به هدف نزدیکتر شده‌ایم، اما هنوز هم به نظر می‌رسد که عالم به کمک مجموعه‌ای از قوانین متعددی که به‌صورت جریان‌هائی مستقل از یکدیگر

1. single interaction.

عمل می‌کنند؛ کار می‌کند.

آشکارترین این قوانین بنیادی طبیعت، یعنی گرانی[2]، بزرگترین اجسام عالم ــ ستارگان، سیارات و من و شما ــ را مهار می‌کند. سه نیروی دیگری که دانشمندان کشف کرده‌اند و در سطح زیراتمی[3] فعالیت دارند، عبارتند از: نیروی هسته‌ای قوی، که تریلیون‌ها بار از گرانش[4] پرقدرت‌تر است و هسته اتم را به صورت یکپارچه حفظ می‌کند؛ نیروی الکترومغناطیس[5] که الکترون‌ها را در جای خود گرداگرد هسته نگاه می‌دارد و موجب می‌شود تا مادهٔ معمولی جامد به نظر آید و نیروی هسته‌ای ضعیف که در اتم‌های معینی مثل اورانیوم، باعث تشعشع رادیواکتیو می‌شود.

اینشتین، که در مردابی از ریاضیات مشغول کورمالی بود، نتوانست این مجموعه‌های متفاوت قوانین طبیعی را با یکدیگر آشتی دهد. او با تمام وجود معتقد بود که در ورای این قوانین یک سادگی نهایی قرار دارد که تمام آنها را می‌توان به صورت قانون ساده‌ای توضیح داد. این اعتقاد، کاملاً بر یک گرایش زیباشناسی و عقیده به وجود مجموعه‌ای از معادلات کاهش ناپذیر قادر به توضیح همه چیز، مبتنی بود.

همهٔ فیزیکدانان به امکان چنین وحدتی اعتقاد ندارند. ولفگانگ پاولی[6]، نظریه‌پرداز اتریشی، یک بار به شوخی گفت: «آنچه خداوند تکه تکه کرده است هیچ کس هرگز به هم متصل نخواهد کرد». اما آنچه علم برای پیشرفت پیوستهٔ خود واقعاً نیاز دارد، یک نظریهٔ وحدت‌یافتهٔ [نیروها] نیست. نظریهٔ وحدت‌یافته، فقط به مفهومی برای فیزیکدانان لازم است که صعود از قلهٔ اورست برای سر ادموند هیلاری[7] ضرورت داشت.

اگر این قانون پیدا شود، می‌تواند یا تقریباً بی‌معنی باشد یا به عصر

2. gravity. 3. subatomic. 4. gravitation.
5. electromagnetism. 6. Wolfgang Pauli. 7. Sir Edmund Hillary.

طلایی تازه‌ای در علم منجر شود. همان‌طور که دانشمندان نمی‌دانستند [نظریهٔ] وحدت جرم و انرژی اینشتین ممکن است به عصر اتم منتهی شود یا مکانیک کوانتوم یعنی دستگاه ریاضی مورد استفادهٔ فیزیکدانان برای توضیح حرکت ذرات زیراتمی، برای ساخت نخستین لیزر به کار گرفته شود، امروزه هم در مورد این قانون چیزی نمی‌دانند. با این همه، یک نظریهٔ وحدت از نظر برخی دانشمندان برداشتی تقریباً مذهبی و دیدگاهی ذن مانند[8] از واقعیتی است که در آن همهٔ نیروها و کل مادهٔ طبیعت، از منبع واحدی سرچشمه می‌گیرند.

امروزه با نگاهی به دنیای پیرامون خود متوجه می‌شویم که انطباق چنین نیروهای گوناگونی دور از امکان به نظر می‌رسد. به این دلیل که ما در یک عالم سرد کم‌انرژی، عالمی که در آن نیروها و ماده، ثابت و منفصل به نظر می‌آیند؛ زندگی می‌کنیم. اما عالم همیشه آن طور که ما امروز می‌بینیم نبوده است. کیهان[9] از همان لحظه بعد از پیدایش به شدت سرد شده است. عالم نوپا با سرد شدن خود سرنخ هائی برجای گذاشت که فیزیکدانان تا ابتدای آنها را پیگیری کرده‌اند. فیزیکدانان معتقدند که کلید معمای عالم در لحظهٔ انفجار بزرگ یا در زمانی بلافاصله پس از آن قرار دارد. در آن لحظه، احتمالاً برای کسری از ثانیه هر چهار نیرو به صورت اثر متقابل مستقل در انرژی متمرکز آن تغییر ناگهانی آغازین [انفجار بزرگ] وجود داشته‌اند. تصور می‌شود این اثر متقابل چنان بنیادی بوده باشد که همهٔ نیروهای بعدی از آن به وجود آمده باشند.

فیزیکدانان نظری با استفاده از آخرین تجدید نظرهای ریاضی، اندیشهٔ مطلوبی را دربارهٔ آنچه که طی کمتر از یک بیلیون تریلیونیم ثانیه $[\frac{1}{10^{21}}]$ بعد از انفجار بزرگ رخ داده، پرورش داده‌اند. این یک توفیق خارق العاده

8. Zen-like. 9. cosmos.

است، اما فیزیکدانان هنوز هم به قدر کافی در زمان پیش نرفته‌اند تا بتوانند در معادلاتشان، آن لحظه‌ای را که تمام نیروها و قوانین طبیعت وحدت یافته بودند، ببینند.

در مراحل بعدی، هر یک از این چهار نیرو در سرگذشت عالم، دوران استیلائی داشته است، مثل ادوار استیلای احزاب سیاسی در دولت های دموکراتیک. درعالمی که ما در آن سکونت داریم، گرانش، ضعیف‌ترین، اما نافذترین نیروی عمده است. جاذبه[10] آن تا فاصله‌های دور ــ بر کهکشان‌ها، ستارگان و اخترنماها، دورترین و کم‌شناخته‌ترین اجسام عالم ــ اثر می‌کند. تقریباً طی تمام چهارده یا پانزده بیلیون سال عمر عالم، گرانش عامل تعیین‌کننده بوده است. قبل از گرانش، در لحظات اولیهٔ بعد از انفجار بزرگ، نیروی هسته‌ای ضعیف و پیش از آن هم نیروی الکترومغناطیس وجود داشت.

احتمالاً نیروی هسته‌ای قوی در خلال اولین بیلیونیم ثانیه پس از انفجار بزرگ، لحظه‌ای که ماده و انرژی یکی بوده و ستارگان و کهکشان‌ها هنوز گسترش نیافته بودند، تقریباً به طور کامل غلبه داشته است. در بیلیونیم ثانیهٔ جلوتر از آن تاریخ در کیهان، انرژی چنان شدید[11] بود که هیچ یک از چهار نیرو از یکدیگر قابل تشخیص نبودند. دست کم، غالب نظریه‌پردازان خود را به این سناریو مقید می‌دانند.

شلدون گلاشاو[12]، نظریه‌پرداز هاروارد، در یک روز بارانی اگوست ۱۹۸۲ در مرکز فیزیک آسپن[13] به من گفت: «کار فیزیکدان نظری این است که با استفاده از ابزارهای ریاضی موجود دریابد که قبل از سرد شدن مواد تا حد تقسیم چهار نیرو و پیچیده شدن وضع اثر متقابل زمینه[14]، چه

10. pull. 11. intense. 12. Sheldon Glashow.
13. Aspen Physics Center. 14. underlying interaction.

اتفاقی افتاده است. بسیاری از افراد، از جمله خود من، بر روی همین مسئله کار می‌کنند. اما تاکنون هیچ کس معلوم نکرده است که همه اثرات متقابل، درواقع یکی و آن هم همان اثر متقابل عالم واقعی اولیه بوده باشد».

گلاشاو به تحقیق دربارهٔ اثر متقابل زمینه ادامه داده است. او در دههٔ ۱۹۶۰ سعی کرد ــ بدون اینکه موفق شود ــ ذرات زیراتمی کم‌عمر[15] معینی را به طریقی که به این نیروی وحدتبخش[16] بینجامد، با هم گروه‌بندی کند. دستاورد او مقادیر بی‌شماری محاسبات ریاضی توضیح ناپذیر و ناموثر بود.

استیون واینبرگ[17]، که در آن موقع در مؤسسهٔ تکنولوژی ماساچوست[18] بود، و عبدالسلام[19]، در دانشکدهٔ امپریال[20] لندن، توفیق بیشتری به دست آوردند. این دو که مستقل از یکدیگر کار می‌کردند، در ۱۹۶۷ مجموعه‌ای از معادلات فراهم ساختند که به نظر می‌رسید ثابت می‌کنند که نیروی هسته‌ای ضعیف و نیروی الکترومغناطیس، در صورتی که عوامل ابهام‌آور معینی نادیده گرفته شوند، هر دو یک نیرویند

زیبایی نمونهٔ واینبرگ- سلام آن بود که پیش بینی می‌کرد تحت اوضاع ویژه‌ای در شتاب‌دهنده‌های ذرات[21] و اتمشکن‌های[22] مورد استفادهٔ فیزیکدانان به منظور جدا کردن لایه‌های[23] بسیاری از اتم‌ها، رویدادهای معینی رخ می‌دهد. واینبرگ، سلام و گلاشاو برای انجام این کار در ۱۹۷۹ مشترکاً برندهٔ جایزهٔ نوبل شدند.

15. short-lived. 16. unifying force. 17. Steven Weinberg.
18. Massachusetts Institute Technology [M.I.T.].
19. Abdus Salam 20. Imperial College. 21. particle accelerators.
22. atom smashers. 23. layer.

در دههٔ ۱۹۷۰ سایر فیزیکدانان، محاسبات متفاوتی را بسط دادند، غرض آنها این بود که نشان دهند، نه‌تنها نیروی [هسته‌ای] ضعیف و الکترومغناطیس یکی است، بلکه نیروی [هسته‌ای] قوی نگهدارندهٔ هسته‌های اتم‌ها با یکدیگر نیز عضو همین خانواده است. این نوع محاسبات را نظریه‌های وحدت یافتهٔ بزرگ یا گوت[۲۴]ها، می‌نامند.

بعضی از دانشمندان، چندان مطمئن نیستند که دستاورد گوت دقیقاً با هدف منطبق باشد. موری جل‌مان می‌گوید: «این نظریه‌ها نه بزرگ‌اند و نه وحدت یافته. حتی می‌توان گفت که نظریه هم نیستند و فقط نمونه‌های مجللی به شمار می‌آیند». با این همه او می‌پذیرد که این دستاورد ممکن است یکی از نویدبخش‌ترین موارد در تعاقب اثر متقابل زمینه باشد.

جل‌مان خود مبدع مفهوم کوارک‌ها بود. کوارک‌ها ذرات زیر-زیراتمی[۲۵]اند که بیشتر نظریه‌پردازان معتقدند که ذرات تشکیل دهندهٔ بنیادی پروتون‌ها و نوترون‌هایند که هستهٔ تمام اتم‌های عالم را به وجود می‌آورند. پیش از آنکه جل‌مان به فکر نامگذاری آنها بیفتد (این نام به طور غیرمستقیم از سطری از افسانهٔ بیداری فینگانز[۲۶] اثر جیمز جویس[۲۷]: «سه کوارک برای مسترمارک[۲۸]» گرفته شد)، فیزیک ذرات بنیادی وضع آشفته‌ای داشت و از مواجهه و توضیح ده‌ها ذرهٔ بنیادی جدید که در دههٔ ۱۹۵۰ و اوایل دههٔ ۱۹۶۰ در شتابگرها پیدا می‌شد، به شدت عاجز بود. در نتیجهٔ سنتز کوارک جل‌مان، فیزیکدانان ذرات بنیادی، یک بار دیگر حلقهٔ اتم را به مثابه عالم کم و بیش منظم کوچک مستقلی درنظر گرفتند.

جل‌مان قبول دارد که مایل به دیدن وحدت هر چهار نیروست اما مطمئن نیست که در حیات خودش چنین اتفاقی بیفتد. «هیچ کس تاکنون

24. grand unified theories or *GUTs*.
25. sub-subatomic.
26. *Finnegans Wake*.
27. James Joyce.
28. Muster Mark.

حتی نشان نداده است که سه نیروی مؤثر در درون اتم یک ریشه داشته باشند. برخی از افراد ممکن است به آن نزدیک شده باشند. نمی‌دانم، اما تاکنون به من نشان داده نشده است».

و دربارهٔ گرانی، نیروئی که بیش از همه با آن آشناییم، تکلیف چیست؟ در این وحدت بزرگ، جای آن کجاست؟ اگر چه فیزیکدانان ذرات بنیادی ممکن است به یک نظریهٔ وحدت‌یافته از عالم، با سه نیروی رانش و کشش[۲۹] در درون اتم وگرانش نزدیک شوند. اما گرانش هنوز هم به صورت نیروئی غریب، از این وحدت خارج است.

و به رغم این واقعیت که جهان وسیع کیهان‌شناسی و عالم کوچک اتم سرانجام با پیشرفت فیزیکدانان ذرات بنیادی در بررسی دقیق‌تر درون اتم با شتابگرهای عظیم‌شان و توجه کیهان‌شناسان به دوربست‌ها به کمک تلسکوپ‌هایشان با یکدیگر همسو می‌شوند، از هم اکنون پیداست که این هر دو گروه به دنبال هدفی واحدند.

گروه‌های متعددی از دانشمندان دربارهٔ وحدت چهار نیرو کار می‌کنند و می‌کوشند تا [نیروی] گرانی را هم با آن سه نیروی دیگر متحد کنند. جل‌مان به من گفت: «بیشتر آنان نمی‌دانند که چه می‌کنند و فقط حقه‌های گوناگون ریاضی را به کار می‌گیرند». او تا حدودی با احتیاط پذیرفت که یکی از این گروه‌های نظریه‌پرداز از این شانس بزرخوردار بوده تا در جهت دستیابی به این راز عظیم عالم تا اندازه‌ای پیشرفت کند.

ریاست این گروه در دانشگاه کمبریج انگلستان با استیون هاوکینگ است. جل‌مان گفت «هاوکینگ تنها کسی است که از لحاظ نسبیت، فیزیک ذرات بنیادی را درک می‌کند. او مردی خارق‌العاده و همکاری کاملاً حیرت‌آور است».

29. push and pull.

۲

در برابر غرایب

استیون هاوکینگ بزرگترین فرزند، از چهار فرزند یک خانوادهٔ کاملاً صمیمی کتابدوست. و پدرش یک زیست‌شناس محقق بیماری‌های گرمسیری، در مؤسسهٔ ملّی تحقیقات پزشکی بود. در ۸ ژانویه ۱۹۴۲ در آکسفورد متولد شد و در لندن و شهر سنت آلبانز[2] تقریباً در سی کیلومتری شمال لندن پرورش یافت. از یازده سالگی در مدرسهٔ سنت آلبانز حضور یافت. این یک مدرسهٔ خصوصی بود که والدینش امیدوار بودند او را برای امتحان ورودی دانشگاه آکسفورد آماده کند.

از هنگامی که هشت یا نه ساله بود، می‌دانست که می‌خواهد دانشمند شود. او قبلاً در جدا کردن قطعات ساعت و رادیو، برای سر درآوردن از طرز کار آنها مهارتی نشان داده و علم از نظر وی عبارت از یافتن حقیقت اشیای پیرامونش بود. اگرچه نوجوان بود، اما خیلی از مطالب علمی را بسیار نادقیق می‌دید. هاوکینگ یادآوری می‌کند که «علوم زیست‌شناختی برای من بسیار توصیفی و مبهم بود. البته این علم امروزه به دلیل زیست‌شناسی مولکولی دقیق‌تر شده است». او در چهارده سالگی تصمیم خودش را گرفته

1. National Institute for Medical Research.

2. St.Albans.

بود که ریاضیدان یا فیزیکدان شود. پدر هاوکینگ از ترس اینکه مبادا پسرش هیچ وقت کاری پیدا نکند، سعی کرد با وی حرف بزند و او را منصرف کند، اما بی نتیجه بود.

تقریباً در همان زمان، هاوکینگ دچار تردید شد. هنگامی که در حدود پانزده سال داشت، سعی کرد همان آزمایش های تاس‌ریزی معمول در برنامهٔ فوق حساسیت[3] دانشگاه دوک[4] در دههٔ ۱۹۵۰ را انجام دهد. بعد از آنکه برنامهٔ مذکور را برای مدتی با دقت کامل تعقیب کرد، دریافت که این خدعه‌ای بیش نیست. او می‌گوید: «هر موقع که آزمایش ها به نتیجه می‌رسیدند، در روش های آزمایشی تقلب می شد و هر موقع که روش های آزمایشی درست بودند، نتایج نامطلوب بود».

او تا امروز هم معتقد است که روان‌شناسی تجربی[5] وقت تلف کردن است و با تمسخر می‌گوید: «کسانی که آن را جدی می‌گیرند، در همان مرحله‌ای هستند که من در نوجوانی بودم».

به رغم این جهش های موسمی زودرس، هاوکینگ در دبیرستان، دانش‌آموز برجسته‌ای نبود. والدینش نگران آن بودند که او در امتحان ورودی آکسفورد رد شود و پدرش که خود فارغ التحصیل همین دانشگاه بود، به فعالیت افتاد تا قبولی پسرش تضمین شود.

اما پدر، فرزندش را دست کم گرفته بود. استیون تقریباً تمام نمرهٔ قسمت فیزیک امتحانات ورودی ر گرفت و در هنگام مصاحبه چنان خوش درخشید که در مورد پذیرش او تردیدی وجود نداشت؛ او در ۱۹۵۹

3. extrassensory program (ESP).

4. Duke University.

۵. parapsychology، مطالعهٔ پدیده‌هائی چون تله‌پاتی، روشن‌بینی و درک افکار که با قوانین شناخته شدهٔ طبیعت قابل توضیح نیست. برای اطلاعات بیشتر در این مورد به کتاب «فوق طبیعت» نوشتهٔ لیان راتسن از انتشارات میرکیور مراجعه شود.

وارد آکسفورد شد.

در آکسفورد، هاوکینگ دانشجوئی مشهور و به دلیل ذکاوتش معروف بود و یک بار هم سکاندار تیم هشت نفرهٔ دانشکده در مسابقات قایقرانی بود. بیشتر کسانی که از آن روزها او را می شناسند، وی را دانشجوی خوش روحیه‌ای با موهای بلند و علاقمند به موسیقی کلاسیک و افسانهٔ علمی، به یاد می‌آورند. اگرچه استاد راهنمایش دکتر رابرت برمن[6] به یاد می‌آورد که او و دیگر همکاران می دانستند که هاوکینگ دارای تفکر ممتازی است و «کاملاً با همسالانش تفاوت دارد»، اما او مستقلاً و آزادانه به مسیر مطالعات خود افتاد.

چنان در فیزیک متبحر بود که به کار اندکی در آن نیاز داشت. برمن می‌گوید: «فیزیک دورهٔ لیسانس به وضوح برای او مشکلی نبود. هر مسئله‌ای که به او داده می‌شد، بدون هیچ زحمتی می توانست حل کند». روزی در کلاس بعد از خواندن پاسخ مسئله‌ای که حل کرده بود ورقه اش را گلوله کرد و با نفرت به داخل سطل زبالهٔ کلاس انداخت.

هاوکینگ در لحظات نسبتاً حائز اهمیت فراموشکار یا بی خیال می‌شد. او در خلال آخرین سال تحصیل خود در آکسفورد از وزارت کار بریتانیا درخواست شغل کرد، اما یادش رفت که در جلسهٔ امتحان حاضر شود. اگر پذیرفته شده بود، امکان داشت تمام عمر را با خیال راحت، به مراقبت از یادگارهای تاریخی بپردازد.

هنگامی‌که زمان تحصیلات فوق‌لیسانس فرارسید، هاوکینگ به امتیازات درجهٔ اول نیاز داشت تا بتواند از **دانشگاه کمبریج** ــ رقیب قدیمی آکسفورد و در یکصد و سی کیلومتری شمال شرقی آن ــ برای فوق‌لیسانس فیزیک؛ بورس بگیرد. او در یک امتحان شفاهی سرنوشت‌ساز به یکی از

6. Dr. Robert Berman.

امتحان کنندگان دربارهٔ برنامه‌های آینده خود گفت: «اگر نفر اول شوم به کمبریج خواهم رفت. اگر دوم شدم در آکسفورد می‌مانم. بنابراین انتظار دارم که مقام اولی را به من بدهید». آنان که او را می‌شناسند قبول دارند که این حرف‌های خود هاوکینگ است.

دکتر برمن بعدها دیدار هاوکینگ را با ممتحنان این طور بیان کرد: «دست کم آنان به قدر کافی باهوش بودند که بدانند با کسی باهوش‌تر از خود حرف می‌زنند». هاوکینگ مقام اول را کسب کرد و سال بعد وارد دورهٔ فوق‌لیسانس کمبریج شد.

از آن هنگام به بعد، هاوکینگ به کاری در زمینهٔ فیزیک نظری با تخصص کیهان‌شناسی مشغول شده بود. او در سایر زمینه‌های فیزیک هم تأمل کرده بود، اما تنها به طور گذرا. او یک بار، در حالی که یک دورهٔ تابستانی مخصوصی را در رصدخانهٔ سلطنتی گرینویچ می‌گذراند، به سر ریچارد وولی[7] ــ منجم آن وقت دربار بریتانیای کبیر ــ در تعیین اجزاء تشکیل‌دهندهٔ یک اختر دوگانه[8] کمک کرد. هنگامی که با تلسکوپ رصدخانه به تماشا پرداخت، از اینکه فقط یک جفت نقطهٔ نورانی مبهم در حرکت در اطراف کانون تلسکوپ دید، بسیار مأیوس شد.

از آن پس او فقط یک یا دو بار با تلسکوپ نگاه کرده است و نسبت به اخترشناسی رصدخانه‌ای بی‌تفاوت مانده است. برای هاوکینگ معمولاً نظریه هیجان بیشتری داشت و کیهان‌شناسی از همه چیز هیجان‌انگیزتر بود زیرا کیهان‌شناسی متضمن این پرسش است که سرمنشأ عالم کجاست؟

از هنگامی که در دورهٔ فوق‌لیسانس بود علائمی حاکی از اینکه فیزیکدان نظری برجسته‌ای خواهد شد، از خود نشان داده بود. راجر پن رز، که در آن هنگام دستیار تحقیق در کالج سلطنتی لندن[9] بود، دربارهٔ نخستین

7. Sir Richard Wooley. 8. double star. 9. King's College, London.

برخورد آن روزهای هاوکینگ به یاد می‌آورد که «او عادت داشت سخت‌ترین پرسش ها را مطرح کند، پرسش هائی که پاسخ آنها بسیار دشوار بود». پن رز به خاطر می‌آورد که «او معمولاً درست به سست‌ترین قسمت استدلال حریف هدف گیری می‌کرد. اما آسان نبود که گفته شود از آن پس به چه آدم غریبی تبدیل می‌شد».

علائم جدی بیماری ــ به صورت عدم توانائی و فلج جزئی که بستن بند کفش و گاهی صحبت کردن را برای هاوکینگ دشوار می‌ساخت ــ ابتدا در اولین سال دوره فوق‌لیسانس ظاهر شد. بعد از برخی مشکلات اولیه، دکترها بیماری او را تصلب و کوچک شدن جانبی مغز[10] یا بیماری سلول های اعصاب محرک تشخیص دادند؛ این یک بیماری نادر و به صورت بالقوه فلج کننده است. گاهی از روی نام لوگریگ[11] ــ بازیکن بیس‌بال[12] امریکایی که بر اثر این بیماری درگذشت ــ آن را به نام او می‌خوانند. همین بیماری در ۱۹۸۳ باعث مرگ دیوید نیون[13] [هنر پیشهٔ معروف انگلیسی] شد.

علامت مشخص بیماری سلول های اعصاب محرک از بین رفتن تدریجی سلول های اعصاب نخاع و مغز است که به طور ارادی فعالیت عضلاتی را تنظیم می‌کنند. نخستین نشانه‌ها به صورت ضعف و انقباض ناگهانی دست‌ها و همراه با آن، گاهی لکنت زبان یا اشکال در کار بلع ظهور می‌کند. با توقف کار سلول های اعصاب، عضلات تحت فرمان آنها کوچک و ضعیف می‌شوند و گرچه مغز سالم می‌ماند، اما قربانی [بیمار] به نحو فزاینده‌ای ناتوان می‌شود. معمولاً هنگامی که سرانجام ماهیچه های تنفسی از کار می‌افتند، بر اثر ذات الریه یا خفگی، مرگ فرا می‌رسد.

10. amyotrophi lateral sclerosis.
11. Lou Gehrig.
12. first baseman.
13. David Niven.

دکترها امیدوار بودند که بیماری هاوکینگ مهار شود، اما وضع او رو به وخامت گذاشت. او فقط دو سال فرصت زندگی کردن داشت. هاوکینگ یادآور می شود که «من به نحوی محسوس نسبت به آیندهٔ این بیماری کاملاً افسرده بودم». پیش بینی یک مرگ زودرس، او را برای مدت دو سال به حالت افسردگی تخدیر کننده‌ای درآورد؛ در این مدت وقت اندکی را صرف تحقیقات خویش کرد و بیشترین مقدار وقت خود را در اتاقش به گوش دادن موسیقی کلاسیک ــ غالباً واگنر ــ و مطالعهٔ افسانه های علمی سپری کرد. او همچنین شروع کرد به «لب تر کردن».

استاد راهنمای او، نظریه‌پردازی به نام دنیس سیاما[۱۴] که ریاست گروه نسبیت عام کمبریج را برعهده داشت، هم از استعداد دانشجوی خود آگاه بود و هم نسبت به بیماری او نگرانی داشت. [وی در این مورد می‌گوید:] «او همواره نسبت به آنچه بحث می‌کردم با احساس بود. بحثی که با دیگر دانشجویان تیزهوش ممکن بود دو سال طول بکشد، با استیون فقط یک ماه طول می‌کشید. تقریباً در پاسخ به هر مطلبی که بیان می‌گردید معمولاً می‌گفت «اما ...». سیاما به هاوکینگ اجازه داد تا تسلیم افسردگی خود شود. اگر می‌خواست که برای فراموش کردن مشکلاتش به رخوت میخوارگی پناه ببرد، اشکالی نداشت، ولی اگر نمی‌خواست که بر روی رسالهٔ خود کار کند خیلی بد بود. اما سیاما درخواست پدر هاوکینگ را مبنی بر اینکه به پسرش کمک کند تا رساله‌اش را زود تمام کند، نپذیرفت.

با گذشت ماه‌ها، سرانجام وضع هاوکینگ تدریجاً متعادل شد. او دریافت که مرگ نزدیک نیست. روحیاتش بالا رفت و با دلگرمی دوستان، خانواده و استاد راهنما، تعادل طبیعی خویش را بازیافت. او

14. Dennis Sciama.

کم کم متوجه این واقعیت شد که قلمرو فعالیت وی صرفاً نظری است، زمینه‌ای که تأکید چندانی بر توانائی جسمی انسان نیست. بیماری بر مغزش اثر نگذاشته بود و بر کارش هم تأثیری نمی‌گذاشت. افسردگی از میان رفت؛ سیاما از او خواست که به کارش ادامه دهد و او نیز دوباره کار بر روی رساله‌اش را آغاز کرد.

تقریباً در همین هنگام یکی از مهم‌ترین رویدادهای زندگی هاوکینگ رخ داد: او در یک میهمانی شرکت کرده و با جین وایلد[15]، دانشجوی زبان در لندن، ملاقات کرد. در ۱۹۶۵، پس از طی دورهٔ دوسالهٔ نامزدی آنها که بین لندن و کمبریج ادامه داشت، آن دو زدواج کردند. جین می‌گوید: «وقتی که برای اولین بار با او آشنا شدم، علائم بیماری را در خود داشت، بنابراین، من هرگز استیونِ سالم و تندرست را ندیده‌ام. به سادگی تصمیم گرفتم که چه کار کنم و همان کار را کردم».

ازدواج هاوکینگ نقطهٔ عطفی در زندگی وی بود. [می‌گوید] «ازدواج مرا مصمم به زندگی کردن و ادامهٔ آن ساخت. جین واقعاً به من ارادهٔ زندگی بخشید».

هرکس که جین وایلد هاوکینگ را می‌شناسد، او را زن خارق‌العاده‌ای توصیف می‌کند. طی اولین سال ازدواجشان، او بین لندن و کمبریج تردد می‌کرد، به طوری که توانست مطالعات فوق لیسانس خود را تمام کرده و در ضمن رسالهٔ شوهرش را هم ماشین کند. او نزدیک به دو دهه نیازهای جسمی هاوکینگ را برطرف کرده و به رغم ناتوانی هاوکینگ و شهرتی که اخیراً به سراغش آمده ثابت کرده است که خانوادهٔ هاوکینگ زندگی نسبتاً عادی‌ای را می‌گذرانند. اولین فرزندشان، رابرت، در ۱۹۶۷ متولد شد. دختری به نام لوسی، سه سال بعد به دنیا آمد و تیموتی متولد ۱۹۷۹ است.

15. Jane Wilde.

هر چند که جین و دیگر افراد اطراف استیون تا حدودی مراقب وی هستند، اما آنان همه میل دارند که وضعیت او را نادیده بگیرند. جین یک بار گفت: «استیون هیچ اذعانی به بیماری خود نمی‌کند و من هم هیچ ارفاقی در حق او نمی‌کنم». مشکل عمدهٔ زندگیشان وضعیت جسمی شوهرش نیست؛ بلکه گرفتاری او این است که نمی‌تواند تمام جزئیات کار شوهرش را در فیزیک نظری پیگیری کند.

هاوکینگ در مدت سه سال بعد از دریافت درجهٔ دکتری خود به عنوان دستیار تحقیق در کمبریج کار کرد و همکاری با پن رُز را در زمینه‌ای که نخستین کار تحقیقی مهم او بود، یعنی اثبات ریاضی آغاز زمان، شروع کرد. وضعیت جسمی او مجدداً بد می‌شد و در اوایل دههٔ ۱۹۷۰ هاوکینگ دائماً اسیر صندلی چرخدار بود. اما از آن پس اندیشه‌اش اوج می‌گرفت. معرفی او در انجمن سلطنتی در ۱۹۷٤ یک پیروزی بهت‌آور برای مردی بود که یک دهه پیشتر فکر می‌کرد، تا بیست و پنجمین سالروز تولدش هم زنده نخواهد ماند.

آن سال‌ها برای جین و استیون هاوکینگ، چه از نظر حرفه‌ای و چه از جهت شخصی، سال‌هائی سعادتبار بود. از آن زمان به بعد وضعیت او کم و بیش متعادل شده است، اگرچه برخی از همکارانش معتقدند که فهمیدن حرف‌های هاوکینگ طی یکی دو سال گذشته دشوارتر شده است. و بعضی از دوستانش، مخصوصاً آنان که او را به طور منظم نمی‌بینند، می‌ترسند که وضع کلی او طی چند سال گذشته دوباره بدتر شده باشد.

ساختمان آجری کثیف گروه ریاضیات کاربردی و فیزیک نظری[16]، جائی که هاوکینگ کار می‌کند، مثل یک کارخانهٔ متروک قرن نوزدهم به

16. Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics.

نظر می‌آید که در میان نماها و منارهای سبک گوتیک[۱۷] کمبریج گم شده است. درب اصلی آن در کوچه‌ای منشعب از خیابان سیلور[۱۸] باز می‌شود. در حوالی پشت این ساختمان، در کوچه‌ای دیگر، یک سراشیبی هشت متری است که هاوکینگ برای ورود به ساختمان از طریق یک در گردان، از آن استفاده می‌کند. او به کمک یک صندلی چرخدار موتوری هر روز از خانه‌اش، واقع در طبقهٔ همکف یک ساختمان مدل عصر ویکتوریا در جادهٔ غربی[۱۹] و به فاصلهٔ کمتر از یک کیلومتر تا محل کارش، رفت و آمد می‌کند.

دفتر کارش روبه‌روی یک سالن استراحت کسالت‌آور و خاکستری و دارای آرایش گوتیک علمی است. دفتر او دارای قفسه‌های متون فیزیک، یک پایانهٔ کامپیوتر، عکس هائی از سه کودک زیبا و یک صفحه گردان مخصوص است که هاوکینگ برای به دست آوردن آن به مبارزه با تشریفات اداری برخاست. یک تلفن که به طرز مخصوصی نصب شده و حالا بی‌مصرف می‌باشد نیز در آنجاست. فهارس مقالات علمی روی نوار شفاهی بر روی دیوارها معلق‌اند تا او بتواند به راحتی آنها را ببیند.

در اولین ملاقات با هاوکینگ فهمیدن صحبت‌های او مشکل است. من بعد از چند ساعت گوش دادن دقیق به صدای یکنواخت و تارک او ــ که توسط جودی فلا[۲۰]، زن جوانی که در آن هنگام منشی او بود، ترجمه شد ــ توانستم حدود نصف آنچه را می‌گوید بفهمم. بعضی کلمات حتی برای فلا، که سال‌ها با او کار کرده بود، نامفهوم بود و هاوکینگ مجبور بود آنها را هجی کند. من برای سرگرمی او گفتم که بخشی از مشکلات یک

۱۷. Gothic، سبکی از معماری است که در قرن‌های ۱۲ تا ۱۶ میلادی در اروپای باختری معمول بود.

18. Silver Street. 19. West Road. 20. Judy Fella.

امریکایی در فهمیدن صحبت هایشان لهجهٔ انگلیسی او [هاوکینگ] است.

وقتی کار می‌کند گاهی بدنش در صندلی چرخدار فرو می رود و گاهی سرش بر روی سینه اش می افتد. او تقریباً اختیار سر و صورت خود را ندارد و گاهی تبسمش به دهن کجی و شکلک تبدیل می شود. با این همه، وقتی که برای اولین بار در دفترش حاضر شدم، هاوکینگ با یک پوزخند شیطنت‌آمیز از من استقبال کرد و چشمان آبیش در پشت عینک سنگینی برق می زد.

موهای قهوه‌ای او، که به خاکستری گراییده است، مدل اوایل کار گروه بیتل[۲۱] است و معمولاً به روال مرسوم دانشمندان شلوار شل، کراوات زنندهٔ اغلب ناموزون با پیراهن راه‌راه خط پهن، کت اسپرت پیچازی یا پشمی[۲۲]، کفش یا پوتین های کف نرم دانشگاهی با زیر و پاشنه ای که به طور نمایان بلااستفاده است، به تن می‌کند.

هاوکینگ قبل از صحبت کردن، به دقت دربارهٔ مسائل فکر می‌کند، به طوری که ناگزیر از تکرار حرف های خود نباشد. او کلمات را تلف نمی‌کند. گاهی پس از آنکه چند دقیقه ای ــ برای امور دفتری یا صرف چای ــ از کار کردن دست می‌کشد، دوباره صحبت خود را دقیقاً از وسط همان جملهٔ آخریش از سر می‌گیرد. او محدودیت های جسمی اش را چنان با مهارت نادیده می‌گیرد که بعد از لحظه‌ای متوجه شدم خود من هم همان طور رفتار می‌کنم.

روزی، همان طور که با او صحبت می‌کردم، چنان از وضعیت او غافل شده بودم که بدون توجه، شروع به صحبت دربارهٔ مشکلی که در آرنج من در نتیجهٔ مسابقهٔ اسکواش در لندن در روز قبل از آن پیش آمده بود، نمودم. هاوکینگ چیزی نگفت. او به سادگی صندلی چرخدارش را به بیرون از

21. Beatles. 22. tweed.

اتاق هدایت کرد و در تالار منتظرم ماند تا موضوع مورد بحث را که در فیزیک نظری بود، از سر بگیرد.

بسیاری روزها، هاوکینگ در هنگام کار فقط می‌اندیشید. او بیشتر اوقاتش را در گسترش دیدگاه‌های تازه در زمینهٔ مسائل فیزیک نظری صرف می‌کند. یان موس، یکی از همکارانش، یک روز صبح به من گفت: «تمام نظرات مال استیون است. بقیهٔ ما فقط آنها را آزمایش می‌کنیم که ببینیم مؤثرند یا خیر».

هاوکینگ از نعمت حافظه‌ای شگفت‌انگیز برخوردار است. او قادر است که صفحات متوالی از معادلات پیچیده را جزء به جزء بخواند و به خاطر بسپارد و همان طور که یک شخص معمولی می‌تواند جای کلمات را در جمله تعیین کند او هم با فرمول های مرموز ریاضی همان کار را می‌کند. ورنر اسرائیل[۲۳]، فیزیکدان نظری دانشگاه آلبرتا[۲۴] و همکار هاوکینگ در تألیفات کتاب نسبیت عام، گفته است که شاهکارهای فکری او [هاوکینگ] به موزارت، که یک سمفونی کامل را در مغزش تنظیم می‌کرد، شباهت دارد.

همکاران او همواره از آنچه هاوکینگ به خاطر آورده است، دچار بهت می‌شوند. منشی وی که به هنگام دیدارش از مؤسسهٔ تکنولوژی کالیفرنیا[۲۵] با او کار می‌کرد، گفت: او یک بار اشتباه کوچکی را که به هنگام تقریر ــ از حفظ ــ یک متن معادلات چهل صفحه‌ای مرتکب شده بود، بیست و چهار ساعت بعد به خاطر می‌آورد.

یکی از شاگردان هاوکینگ به من گفت که یک بار وقتی که او را برای حضور در یک کنفرانس فیزیک به لندن می‌برده است، هاوکینگ

23. Werner Israel.
24. Alberta.
25. California Institute of Technology.

شمارهٔ صفحهٔ کتابی را که سال‌ها قبل خوانده و اشتباه کوچکی در آن وجود داشت، به یاد آورد. فیزیکدانان دیگر گفته‌اند که معادلات پیچیده‌ای که او حل کرده است، هم عالی و هم الهام‌بخش بوده و از نظر یک فیزیکدان نظری آخرین حد محاسبه است.

کار هاوکینگ، گروهی از فیزیکدانان نظری برجستهٔ اروپا و امریکا را به کمبریج کشانده است. آنان بیشتر روزها در فاصلهٔ نهار و بار دیگر به هنگام صرف چای برای برخورداری از محضر هاوکینگ، از فرصت استفاده می‌کنند. این محیط حال و هوای دانشگاهی قرن نوزدهم را دارد. اما موضوع بحث افسانهٔ علمی قرن بیست و یکم است که پیرامون تغییر انتقالات به نرخ (اثرات هابل) و اثرات کوانتوم، سیاهچال‌ها، انفرادها[26]ی آغاز زمان و سال‌های فاصلهٔ نوری فراسوی پیرامون ما دور می‌زند.

صحبت سریع است و با نوک‌چیدن‌ها و تک مضراب‌ها قطع می‌شود. وقتی که هاوکینگ اشتباه ریاضی کوچکی مرتکب می‌شود، یک دانشجوی دورهٔ فوق‌لیسانس با کنایه می‌گوید: «هی، استیون داره پیر می‌شه». هاوکینگ در چنین مواردی می‌درخشد و جلسات آن روز به اوج خود می‌رسد. یکی از دانشجویانش یک بار به من گفت که صرف چای با استیون می‌تواند از یک نیمسال تحصیلی با کسی دیگر سودمندتر باشد.

عجیب است که هاوکینگ توانسته است به آنچه دارد برسد. درواقع، پزشکان معتقدند که زنده ماندن او معجزه‌ای است. یک پزشک امریکایی که با بیماری او از نزدیک آشنا بود، به من گفت: هر روز که او زندگی می‌کند، از نظر پزشکی رکورد تازه‌ای برجای می‌گذارد.

همکاران هاوکینگ با تأسف سر تکان می‌دهند و از او سخن

26. singularities.

می‌گویند، مالکولم پری[۲۷]، دانشجوی سابق دورهٔ فوق‌لیسانس، که فعلاً فیزیکدان **دانشگاه پرینستون** است، گفت: «استیون فقط استیون است. او خیلی سخت نمی‌گیرد. بنابراین ما هم سخت نمی‌گیریم».

جرالد واسربورک[۲۸]، زمین‌شناس و فیزیکدان **مؤسسهٔ تکنولوژی کالیفرنیا**، که هاوکینگ را در تعدادی از کنفرانس‌ها دیده است، دربارهٔ او می‌گوید: «او یکی از تکاندهنده‌ترین نمونه‌های تاریخ علم از لحاظ قدرت اندیشهٔ انسانی است».

اما هاوکینگ در جامعهٔ به شدت بستهٔ فیزیک، مصون از انتقاد هم نیست. یک نظریه‌پرداز برجستهٔ پرینستون یک بار به من گفت: «او دربارهٔ همان موضوعاتی کار می‌کند که همه کار می‌کنند. او فقط به دلیل وضعیت خاص جسمی‌اش مورد توجه بسیار است». فیزیکدانان دیگر او را متهم می‌کنند که در کنفرانس‌های علمی بسیار جنجالی و پرسر و صداست.

به رغم این عواطف غضبناک و مشتاقانهٔ همکاران، از کارهای هاوکینگ بسیار قدردانی شده است. او در ۱۹۷۸ به دریافت جایزهٔ آلبرت اینشتین نایل شد که از نظر برخی بالاترین افتخار فیزیک نظری به شمار می‌آمد.

تنها در ۱۹۸۲ چند درجه افتخاری از نوتردام[۲۹] و دانشگاه‌های شیکاگو، پرینستون و نیویورک دریافت کرد. ملکه الیزابت به او عنوان فرمانده امپراتوری بریتانیا اعطا کرده است. رسانه‌های همگانی همواره از او به نام خلف اینشتین در نیمهٔ دوم قرن حاضر؛ یاد می‌کنند. هاوکینگ خود، این گونه اظهارنظرها را با یکی از عبارات مشخص خود انکار می‌کند و می‌گوید: «هر چه را می‌خوانید نباید باور کنید».

27. Malcolm Perry. 28. Gerald Wasserburg. 29. Notre Dame.

۳

چشمان گالیله

استیون هاوکینگ به من گفت که گالیلئو گالیله، اخترشناس قرن هفدهم، ممکن است بهترین دانشمند قرن بیستم بوده باشد. هاوکینگ گفت: «درواقع، او اولین دانشمندی بود که بکار گرفتن چشمان خود را، هم از جهت تصویری و هم فیزیکی آغاز کرد. و در آن صورت او مسئول عصری از علوم بود که ما اینک در آن بسر می بریم.»

«و او از چشمانش برای نیّت خیر استفاده می‌کرد. آنچه دیده بود، می دانست و به آن عمل می‌کرد. او می دانست که چطور به استنتاج های مطلوب برسد. وقتی که می دانست حق با اوست به آن می چسبید». هاوکینگ معتقد است که دانشمندان امروز، حدود ۳۴۰ سال بعد از مرگ گالیله، تنها اندکی از آن وضع فراتر رفته‌اند.

«مثل گالیله، امروز هم دانشمندان باید آماده شوند تا پا را فراتر نهاده و به فراسوی اندیشه‌های مورد قبول متداول، گام نهند. این، راه نیل به پیشرفت است». چند لحظه‌ای تقریباً به آرامی خندید و اضافه کرد: «البته باید بدانید که به کدام راه قدم بگذارید».

هر هفته چندین نامه از افرادی که بسیار دورتر از جریان اصلی اند برای هاوکینگ می رسد. او تا حدودی با آنها سرگرم است. یکی از آنها را

که به من نشان داد، مجموعه‌ای از معادلات بود که با خط خرچنگ قورباغه‌ای بر روی ورقه‌ای نوشته شده و توسط مردی از میشیگان. فرستاده شده بود. هاوکینگ گفت: «او فکر می‌کند که ممکن است راز عالم را پیدا کرده باشد. اما این مرد گالیله نیست».

گالیله در نقش اولین فردی که گرانش، یعنی نافذترین نیروی طبیعت و متناقضاً ضعیف‌ترین نیروی آن تا به حال، را تعریف کرد پیشکسوت روشنفکر بلافصل هاوکینگ ــ و همچنین اینشتین و نیوتن ــ بود. از روزگار گالیله به بعد گرانش موضوع تصحیح، تعریف دوباره و تعدیل توضیح اولیهٔ آن بوده است. نیوتن موضوع گالیله را قوت بخشید و بدان بالایش داد؛ اینشتین قوانین بنیادی نیوتن را کارآیی و جامعیت داد تا تمام عالم را شامل شود. اینک هاوکینگ و کیهان‌شناسان دیگر می‌کوشند تا همان کار را در مورد نسبیت عام اینشتین، یعنی توضیح جدید گرانش و نیروئی که بیش از همه مورد علاقهٔ کیهان‌شناسان است، انجام دهند.

در ۱۲۸۴، هنگامی که اینشتین سه مقاله در جلد ۱۷ نشریهٔ علمی آلمانی سالنامهٔ فیزیک[1] منتشر کرد، عقاید او عقایدی انقلابی بود؛ در آن موقع به هیچ وجه معلوم نبود که این مقالات موجب تغییر روند تاریخ علم خواهند شد. نخستین مقاله مربوط به مکانیک آماری بود و دومی، که به اعتقاد او از همه بیشتر اهمیت داشت، به اثر فتوالکتریک[2] مربوط می‌شد.

سومین مقاله چیز تعجب‌آوری بود. این مقاله به قصد تغییر همیشگی دیدگاه ما از زمان و فضا، نسبیت خاص را، آن طور که بعداً نامیده شد؛ مطرح کرد و این گفتهٔ قدیمی را در خود داشت که فضا از یک اثیر ماده‌دار[3] تشکیل یافته و زمان همچون جریان رودخانه است. اینها نظراتی بود که

1. *Annalen der Physik.* 2. photoelectric effect. 3. matter-permeating ether.

صدها سال بر علم غلبه داشت.

اینشتین نشان داد که زمان و فضا باید با تعابیر مورد استفاده برای دانشمندان ــ نه شاعران یا فیلسوفان ــ تعریف شوند. آنها باید کمیّاتی باشند که مردم عادی با استفاده از وسایل عادی بتوانند اندازه‌گیری کنند، نه اینکه تجریدات بی مصرف علمی باشند. در مورد فضا یا زمان، هیچ چیز بیش از این وجود نداشت. این یک راه‌حل صریح قرن بیستمی در مورد یک مسئلهٔ قرن نوزدهمی بود.

اینشتین که بهترین تفکر دویست سالهٔ پیشین را گستاخانه ندیده می‌گرفت، از دو فرض مسلم سخن گفت: یکی آن بود که نور، صرف نظر از حرکت منبع خود، همواره با سرعت ثابت حرکت می‌کند. این چیز تازه‌ای نبود. هر نوع اندازه‌گیری که تا آن هنگام به عمل آمده بود، همین نتیجه را به دست داده و کاملاً مشخص بود که نور با سرعت ۱۸۶۰۰۰ مایل در ثانیه حرکت می‌کند (رقم دقیقی که امروزه به کار می‌رود ۱۸۶۲۸۲ مایل [۳۰۰/۰۰۰ کیلومتر] در ثانیه است). با این همه، هیچ یک از تجربه‌گرایان بزرگ روز نمی‌خواستند اشارات مسلمی را که نور در جنوی آنان می‌گذاشت؛ باور کنند.

آنچه اینشتین دید، هیچ کس ندید، یعنی اینکه سرعت نور همیشه ثابت است و منبع یا جهت آن هر چه باشد این سرعت هرگز تغییر نمی‌کند. این تحقق یافت و اینشتین در سومین مقاله‌اش نوشت که منبع نور اهمیتی ندارد. به عبارت دیگر، سرعت نور در فضای تهی ثابت بود، حتی اگر منبع آن ــ مثل یک کهکشان یا ستاره ــ با سرعت بسیار حرکت می‌کرد.

این یک نظر بدعت‌آمیز بود و به نظر می‌رسید که از ادراک عمومی تخطی می‌کند. معنی اعتقاد مذکور این بود که نور گسیل شده از ستاره‌ای که به سوی ما در حرکت است و نور ستاره‌ای که از ما دور می‌شود هر دو

سرعت برابر دارند. این یک تفکر بحث انگیز بود، و هنوز هم هست. منطقی است که تصور شود سرعت گلوله‌ای که از تفنگ مستقر در قطار متحرک شلیک می‌شود از سرعت گلولهٔ شلیک شده از تفنگ ثابت بیشتر باشد؛ یعنی سرعت گلولهٔ تفنگ اول برابر است با سرعت گلوله به‌علاوه سرعت قطار.

اینشتین گفت: این موضوع در مورد نور صادق نیست، زیرا سرعت آن همیشه ثابت است و در نتیجه سرعت نور با سرعت هر چیز دیگر متفاوت است. گلوله یا ماه یا سیاره همیشه سرعتی دارند که نسبت به چیز دیگری تعیین می‌شود. اما سرعت نور نسبت به هیچ چیز نسبی نیست، بلکه ثابت و مطلق و همیشه یکی است.

فرض مسلم دیگر آن بود که تجربه‌گر فقط می‌تواند حرکت نسبی را تعیین کند. به عبارت دیگر، برای شخصی که از روی سکوی ایستگاه قطار به حرکت قطاری که به سرعت از کنار آن می‌گذرد، نگاه می‌کند، این قطار است که حرکت دارد نه سکو. همین طور شخص دیگری که در قطار قرار دارد، می‌تواند حقاً تصور کند که او و قطار هنوز ایستاده‌اند، در حالی که شخص روی سکو و همهٔ چیزهای دیگر؛ و را به سرعت پشت سر می‌گذارند.

این دو فرض مسلم ــ که یکی کل حرکت را نسبی می‌داند و دیگری سرعت نور را، که یک ثابت مطلق است، مستثنی می‌داند ــ متناقض به نظر می‌رسند. با این همه در دنیای نسبیت خاص این دو با یکدیگر تناقضی ندارند و برای نابودی فرض اساسی نیوتن مبنی بر اینکه زمان مطلق است و مثل رودخانه‌ای از گذشته به زمان حال جریان دارد، به کار می‌روند.

اینشتین برای نشان دادن ثبات سرعت نور و نسبیت کل حرکات دیگر، تجارب فرضی زیر را به کار برد: اگر شخصی که بر روی سکوی

ایستگاه قطار ایستاده است دو پرتو نورانی[4] را، یکی در منتهی الیه شرق و دیگری در منتهی الیه غرب، ببینند که به طور همزمان به خط آهن برخورد می‌کنند، او باید منطقاً به این نتیجه برسد که این پرتوها همزمان بوده‌اند. اما از نظر شخصی که بر یک قطار متحرک با سرعت زیاد از شرق به غرب حرکت می‌کند و درست به جلو ایستگاه رسیده است این طور به نظر می رسد که پرتو نورانی غرب، جلوتر از پرتو شرق به خط آهن برخورد کرده است.

به اعتقاد اینشتین، دلیل این مطلب آن بود که ناظر سوار قطار، به سوی پرتو غربی در حال حرکت بود و به دلیل اینکه سرعت نور ثابت است، نور پرتو غربی، اندکی زودتر از نور پرتو شرقی به ناظر سواره می رسید. بنابراین، در حالی که ناظر روی سکو دو پرتو نورانی همزمان می دید، ناظر سواره یکی را زودتر از دیگری رؤیت می‌کرد.

ممکن است این دو ناظر پدیده‌های مختلفی را، که عملاً یکی بیش نیست، گزارش کنند. علاوه بر این، اگر پرتوها در زمان‌های اندکی متفاوت ــ مثلاً اول پرتو شرقی ــ با خط آهن برخورد می‌کردند، این شخص سوار بر قطار بود که از وجود دو پرتو همزمان سخن می‌گفت.

کدام یک از این دو ناظر در اشتباه بود؟ با توجه به موقعیت آنان ــ قطار با سکو ــ هر دو درست می‌گفته‌اند. اینشتین با استدلالی مشابه نشان داد که زمان و فضا به هم وصل‌اند و با توجه به حرکت ناظر، موقعیت آنها به نحوی برابر تغییر می‌کند [و به یکدیگر تبدیل می شوند]. مثلاً او با استفاده از محاسبات سادهٔ ریاضی نشان داد که از نظر ناظر روی سکوی ایستگاه، پنجره‌های قطاری که به سرعت از کنارش می‌گذشت واقعاً کوتاهتر به نظر می‌آمد. با افزایش سرعت قطار و نزدیک شدن آن به سرعت نور، طول پنجره‌ها به صفر می رسید. از نظر ناظر سواره، در پنجره‌ها تغییری به وجود

4. lightning bolt

نمی‌آمد.

در جهان گستاخانهٔ جدید نسبیتی اینشتین، هیچ چیز ــ البته، غیر از سرعت نور ــ یکنواخت باقی نمی‌ماند. از چنین طرز تفکری برخی نتایج عجیب به بار آمد. مثلاً، اگر ناظر روی سکو می‌توانست ساعت ناظر سوار بر قطار سریع‌السیر را ببیند، حتی در سرعت‌های آهستهٔ معمولی نزدیک به توقف، [آن وقت] زمان‌شمار[5] آهسته‌تر حرکت می‌کرد. البته اندازه‌گیری کندی ساعت غیرممکن به نظر می‌رسید و خیلی جزئی می‌بود. اما در سرعت‌های بالاتر، نزدیک به سرعت نور، تغییرات شگفت‌آوری می‌نمود.

اینشتین با محاسبهٔ ریاضی نشان داد، به نظر کسی که از زمین به سفینه‌ای می‌نگرد که آن سفینه با سرعت ۱۶۰/۰۰۰ مایل در ثانیه، یعنی حدود ۸۶ درصد سرعت نور، حرکت می‌کند؛ ساعت داخل سفینه تنها با نصف سرعت خود کار می‌کند. همچنین به نظر می‌آمد که گویی جرم سفینه دو برابر و ابعادش نصف اندازه‌های پیشین است. از نظر فضانورد داخل سفینه، این تغییرات نه در داخل سفینهٔ او، بلکه در روی زمین، جائی که زمان هم گویی در حال کند شدن به نظر می‌آمد؛ رخ می‌دهد.

اینشتین با اظهار اینکه اندازه‌گیری زمان در مورد اجسام یا افراد متحرک نسبت به هم، متفاوت است؛ زمان مطلق را برای همیشه از بین برد (مفهوم «برای همیشه» هم عقیدهٔ دیگری بود که در عالم نسبیتی دیگر معنائی نداشت). اینشتین بعداً نشان داد که فضانورد داخل سفینه‌ای که با سرعت نزدیک به سرعت نور حرکت می‌کند، در مقایسه با برادر دوقلویش که پشت سر او در زمین جا می‌ماند، خیلی دیرتر پیر می‌شد[6].

اینشتین در چهارمین و آخرین مقاله‌اش در ۱۹۰۵ شاید شدیدترین

5. timepiece.

۶. این قسمت از دیدگاه‌های اینشتین به پارادوکس دوقلوها شهرت دارد.

ضربت را وارد کرد. او که قبلاً اعتقادات جاری مربوط به فضا و زمان را ریشه کن ساخته بود، اینک همان کار را در مورد جرم و انرژی انجام داد. پیش از اینشتین جرم و انرژی به مثابه دو چیز مجزا و مشخص تلقی می‌شدند. شعور به ما می‌گوید ــ همان طور که به فیزیکدانان قبل از اینشتین هم گفته بود ــ که توپ و انرژی پرتاب آن، یک چیز نیستند. اینشتین با توجه به مسلّمات نسبیت خاص دریافت که این وجه تمایز معتبر نبود.

او با استفاده از محاسبات ریاضی مربوط به نسبیت خاص و برخی نظرات مقالهٔ خود درباب اثر فتوالکتریک، به این نتیجه رسید که اگر جسمی انرژی‌اش را به صورت نور گسیل دارد، جرم آن به اندازهٔ نسبت مقدار آن انرژی مجذور سرعت نور ــ یعنی $m = \frac{E}{c^2}$ ــ کم خواهد شد. از ذکر این مطلب تا معادلهٔ تاریخی معروف او، $E = mc^2$، که در ۱۹۰۷ منتشر شد، فقط یک گام جبری ساده در پیش بود.

اینشتین نشان داد که جرم و انرژی نه تنها معادل یکدیگرند، بلکه به هم قابل تبدیل‌اند. پیامدهای این موضوع بسیار عظیم بود. معنای نظر اینشتین این بود که حتی ذرهٔ بسیار کوچکی از مادّه تحت شرایط مقتضی می‌تواند به مقادیر مهیبی انرژی تبدیل شود که با قدرت انفجار هزاران تن تی.ان.تی برابری می‌کند.

اینکه نسبیت خاص حقیقت دارد، اینکه ماده و انرژی درواقع قابل تبدیل‌اند، هزاران بار در شتابگرهای ذرات و اتمشکن‌های بسیار بزرگ مورد استفادهٔ فیزیکدانان امروزی برای دستیابی به هستهٔ اتم، نشان داده شده است. در آزمایشگاه ملی شتابدهندهٔ فرمی[7]، هنگامی که سرعت پروتون‌های شتاب یافته در داخل لوله‌ای تقریباً به طول ۶/۵ کیلومتر، به کسر بالایی از

7. Fermi National Accelerator Laboratory

سرعت نور می رسد، جرمشان هزاران بار افزایش می یابد.

اینشتین، در طراحی نسبیت خاص و فرضیات مسلم خود، فقط قوانین تازهٔ مشتمل بر اندازه گیری فضا و زمان در بین ناظران متحرک با سرعت یکنواخت را درنظر گرفت، یعنی به شتاب گرفتن، کاهش سرعت یا عبور در مسیر منحنی مثل یک مدار سیاره‌ای؛ توجهی نداشت. اینشتین می دانست که اجباراً می بایست مسائل پیچیده‌تر حرکت شتاب یافته را حل کند.

یکی از بزرگترین مسائل حرکت غیریکنواخت در بر گیرنده گرانش، با کشش جسم به سوی زمین، در سرعت شتاب یافته آشکار می شد. موضوع مهمی که مورد توجه نیوتن و گالیله قرار گرفت، آن بود که به نظر می رسید گرانی، صرف نظر از وزن اجسام؛ بر همهٔ آنها تأثیر یکنواخت دارد. گالیله در آزمایش های معروف خود از برج پیزا[۸] ــ اگر چه اعتبار این آزمایش ها تا حدودی مشکوک است ــ احتمالاً نشان داده بود که اگر اجسام دارای جرم های متفاوت، از بالای برج به طور همزمان به پایین سقوط کنند؛ با هم به زمین می رسند. اگر تفاوتی وجود داشت ــ مثل تفاوت مربوط به زودتر رسیدن گلولهٔ توپ از پر به زمین ــ به دلیل وجود مقاومت هوا بود.

گالیله و نیوتن گرانش را نیروی منحصر به فرد عالم تلقی کرده بودند: نیروئی که خاص زمین یا سایر اجرام سماوی بود. اینشتین با این نیرو به عنوان پدیده‌ای فراگیرتر برخورد کرد.

۸. Tower of Pisa، برجی است کج، در شهری به همین نام در ایتالیا واقع است و شهرت این شهر به دلیل وجود همین برج است. این برج هشت طبقه دارد و از مرمر سفید ساخته شده که ارتفاع آن حدود ۵۵ متر و به سمت جنوب کج است. شروع ساخت آن به سال ۵۵۳/هـ.ش (۱۱۷۴م) و به هنرمندی به نام بوناندو پیزا (Bonanddo da Pisa) نسبت داده می‌شود. نقل به اختصار از ص ۱۱۶ ــ ۱۱ ج ۲۳ دایرةالمعارف امریکانا، چ ۱۹۷۳.

او گفت: فرض کنید دانشمندی بر آسانسوری در یک سفینه، دور از تأثیر نیروی گرانی زمین سوار می‌شود. تصور کنید این آسانسور داخل سفینه با سرعت ۹/۶ متر بر ثانیه به سوی بالا شتاب می‌گیرد. این دقیقاً همان سرعتی است که یک جسم ــ مثل گلولهٔ توپی که از بالای برج به پایین می‌افتد ــ تحت تأثیر گرانی به سوی زمین کشیده می‌شود. اما در آسانسور سفینه، دور از تأثیر گرانی، درحالی که بدن دانشمند نسبت به شتاب رو به بالا مقاومت می‌کند پاهایش هنوز بر کف آسانسور فشار می‌آورد و اگر سنگی بیندازد، درست مثل روی زمین، به کف آسانسور برخورد می‌کند.

دانشمند مورد بحث نمی‌تواند بگوید که آیا این کشش به سوی پایین، معلول گرانش است یا براثر لختی (اینرسی[9]) بدن او که در برابر شتاب رو به بالا مقاومت می‌کند؟ اینشتین گفت: این بدان معناست که بین شتاب معلول گرانش یا شتاب ناشی از سایر اجسام فرقی نیست. این اصل به نام اصل تعادل خوانده شده که طبق آن یک میدان گرانشی دارای «هویت نسبی» است.

اگر گالیله از برج پیزا پایین پریده بود و در راه خود سنگی به پایین می‌انداخت او و سنگ هر دو سقوط آزاد انجام می‌دادند. به نظر گالیله این طور می‌آمد که سنگ در حال سکون است و با صرف‌نظر کردن از اثرات گرانی برای مدتی کوتاه، گالیله برای چند ثانیه‌ای می‌توانست خودش را هم به حال سکون ببیند.

پس، گرانی چیست؟ اینشتین آرای مربوط به نسبیت خاص را بکار گرفت و نظرات جدیدی بر آن افزود تا گرانی را به طریقی منحصر به فرد شرح دهد ــ توضیحی که نشان داد، گرانی واقعاً نیروئی به معنای عام نبود. چون اینشتین دریافته بود که هندسه قدیم ــ هندسهٔ اقلیدسی ــ برای

9. inertia.

پاسخگویی به روش جدید نگرش بر عالم بسیار نارسا است، او هندسهٔ متفاوتی را برتسبیت خاص افزود.

مارسل گرُوسمان[10]، یک دوست قدیمی اینشتین که توضیحاتش به وی کمک کرده بود تا سال‌ها قبل (زمانی که آن دو در دبیرستان سویس همکلاس بودند) در امتحان مهمی قبول شود؛ به او گفت که باید به کجا توجه کند. این راهنمائی، توجه به نوعی هندسهٔ غیراقلیدسی بود که توسط ریاضیدان آلمانی برنارد ریمان[11] بسط داده شده بود. هندسهٔ ریمان ابزار ریاضی مناسبی را که اینشتین در دسترس نداشت به او داد: و آن هندسهٔ فضای خمیده بود.

اما فضای خمیده و آسانسورهای شتابدار با گرانش چه ارتباطی دارند؟ اینشتین گفت: مجدداً تصور کنید که آسانسور در سفینهٔ حاوی آن دانشمند، چنان شتاب شدید بیابد که سرعت آن به سرعت نور نزدیک شود. اگر چنین فرضی صدق می‌کرد، پرتو نوری که از منفذ یکی از جدارهای آسانسور وارد می‌شد، به نظر دانشمند داخل آسانسور چنین می‌رسید که نور، قدری خمش یافته و حالت قوس پیدا کرده و در نقطه‌ای پایین‌تر به جدار مقابل آسانسور برخورد می‌کند.

طبق بیان پیشین اینشتین، دلیل این امر آن است که نور و جرم تحت شرایط معینی، معادل یکدیگرند. چون نور انرژی دارد، بنابراین دارای جرم است و هر چیز که جرم داشته باشد، توسط گرانی جذب می‌شود. و گرانی

10. Marcel Grossman.

۱۱. [Gerog Friedrich] Bernhard Riemann ، ۱۲۰۵ — ۱۲۴۵/ ۱۸۲۶ — ۱۸۶۶، هندسهٔ ریمان مبتنی بر این است که خطوط موازی یکدیگر را قطع می‌کنند و در حالی که در هندسهٔ مسطحه یا اقلیدسی مجموع زوایای مثلث ۱۸۰° است در هندسهٔ ریمان یا بیضوی یا هذلولی دارای انحنای مثبت، این رقم بیش از ۱۸۰° است. در هندسهٔ هذلولی یا «گوس» که هندسه‌ای است با انحنای منفی (مثل قیف) مجموع زوایای مثلث از ۱۸۰° کمتر است.

چیزی غیر از نوعی شتاب نیست. بنابراین، در آسانسور شتابدار، نور و دانشمند، به نحوی برابر تحت تأثیر قرار می‌گیرند و هر دو به سوی کف آسانسور کشیده می شوند. اینشتین گفت: با همین استدلال، اگر پرتو نوری از نزدیک جسم سنگینی چون یک سیاره عبور کند، گرانش عملاً مسیر نور را به سوی آن سیاره خم خواهد کرد.

اینشتین این مفاهیم را در ده فرمول ریاضی یا معادلات میدان جمع‌بندی کرد که به عنوان نظریهٔ نسبیت عام خود در ۱۹۱۶ منتشر کرد. این نظریه حتی از نظریهٔ نسبیت خاص هم انقلابی‌تر بود، زیرا در آن هنگام واقعاً فاقد هر گونه مقدمات نظری بود.

مهمترین موضوع نسبیت عام آن بود که اینشتین، مفهوم گرانش را به عنوان یک نیرو منتفی دانست. او گفت: درواقع چیزی تحت عنوان نیروی گرانی وجود ندارد. در عوض آن نیروئی که ما به عنوان گرانی می شناسیم همان هندسهٔ عالم ــ هندسهٔ منحنی مطروحهٔ ریمان ــ است. اینشتین فضای منحنی خود را پیوستار فضا- زمان[۱۲] نامید.

این فضا قدری شبیه ترمپولین[۱۳] بود. اگر یک گلولهٔ توپ را روی آن قرار می دادید، تضاریس[۱۴] وسیعی بوجود می آمد. با قرار دادن پرتقالی بر روی ترمپولین دندانهٔ کوچک‌تری ساخته می شد و پرتقال می خواست که به سوی فرورفتگی عمیق‌تر بغلتد. ستارگان و سیارات بر فضا همان تأثیری را داشته که توپ ها بر روی ترمپولین دارند؛ اجسام آسمانی واقعاً در فضای پیرامون خود ایجاد تضاریس می‌کنند و هندسهٔ خود فضا را تغییر می دهند. اجسام بزرگتر در این فضای مضرس منحنی، مثل گلولهٔ توپ روی ترمپولین،

12. space-time continuum

۱۳. trampoline یا trampolin ، قطعه‌ای کرباس سفت فنردار که به قابی فلزی متصل است و برای عملیات آکروباتیک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

14. indentation

می خواهند که اشیای کوچک‌تر را به سمت خود بکشند.

نسبیت عام، پا را از تفکر سنتی روز فراتر گذاشت. روی هم‌رفته این نظریه یک فیزیک جدید بود، یک روش کاملاً متفاوت در نگرش به عالم و مخالفانی هم داشت.

دو پدیدهٔ طبیعی وجود داشت که اینشتین مطمئن بود درستی اندیشه‌های او را دربارهٔ فضای منحنی، ثابت خواهند کرد. اولی مدار عطارد بود که افزون بر یک قرن از پیروی قوانین مدار بیضوی موصوف فیزیک نیوتن، خودداری می‌کرد: مدار این سیاره در نزدیک‌ترین حالت به خورشید ۴۳ ثانیهٔ قوس اضافه داشت. هیچ کس نتوانسته بود این تفاوت (یعنی تفاوت کوچک، اما قابل اندازه‌گیری با تکنولوژی قرن نوزدهم) را توضیح دهد. هنگامی که معادلات میدان اینشتین در مورد مدار عطارد به کار گرفته شد، آنها یک تفاوت دقیقاً ۴۳ ثانیهٔ قوس را پیش بینی کردند.

آزمایش دیگر این نظریه مشکل‌تر بود. معادلات اینشتین نشان می‌داد که نور یک ستارهٔ دور باید تحت تأثیر میدان گرانشی اطراف خورشید، اندکی خم شود ــ درست مثل پرتو نورانی مورد مثال آسانسور دانشمند داخل سفینه. معادلات پیش‌بینی می‌کردند که این انحراف باید دقیقاً برابر ۱/۷۵ ثانیهٔ قوس باشد. تنها زمان امکان آزمایش این نظریه هنگامی بود که خورشید در کسوف کامل باشد، زیرا در چنین وضعی نور هر ستارهٔ دیگر که به سوی خورشید می آمد، تحت تأثیر نور خورشید حالت زیرقرمز (تیره) پیدا می‌کرد.

همان طور که پیش آمد، قرار بود ۲۹ مه ۱۹۱۹، تقریباً سه سال بعد از انتشار نسبیت عام، در نیمکرهٔ جنوبی، یک کسوف کامل به وجود آید. انجمن سلطنتی هیأتی را به پرینسیپ[15]، جزیرهٔ برون ساحلی غرب آفریقا،

15. Principe.

اعزام کرد. و در جریان کسوف، آرتور ادینگتن[16]، فیزیکدان بریتانیایی، انحرافاتی در نور ستاره‌ای پیدا کرد که تقریباً با محاسبات اینشتین برابری می‌کرد. هنگامی که اینشتین از این تأیید در برلن آگاه شد، گفت که او هرگز نسبت به نتایج به دست آمده، تردیدی نداشته است. در پاسخ به این پرسش که اگر اندازه‌گیری‌ها در جهت تأیید نسبیت عام نمی‌بود، چه می‌اندیشید؟ گفت: «آنگاه برای خدای مهربان، اظهار تأسف می‌کردم».

با مشاهداتی که به نظر می‌رسید نسبیت عام را ثابت می‌کند ــ اولین مورد از تأییدات بسیاری که نشان می‌داد، عالم تقریباً به طور دقیق همان طور رفتار می‌کند که نسبیت عام می‌گوید ــ کیهان‌شناسی نظری جدید، متولد شد.

بررسی دوبارهٔ دیدگاه تصوری بشر از عالم، تقریباً همیشه از جائی شروع می‌شود که شکست دیدگاه قدیمی آغاز شده است. واقعیات جدیدی کشف می‌شوند که با طرح قدیمی اشیاء سازگار نیست و نابودی دیدگاه تصوری قدیم آغاز می‌شود. هنگامی که اینشتین بر صحنه ظاهر شد، علم برای سرنگونی تصور جاری، مهیا بود. در بنای نیوتن شکاف‌هائی چند وجود داشت که نگرش کاملاً متفاوتی به مسائل را ضروری می‌نمود. هنوز معلوم نیست که آیا در ستون سنگی یکپارچه[17] فیزیک قرن بیستمی شکاف‌های لازم که منجر به دیدگاه تصوری جدیدی بشود، به وجود آمده است یا خیر؟

هاوکینگ، که در عالمی کاملاً مورد قبول و تعریف شده توسط نسبیت عام به دنیا آمده از نسل دوم دانشمندانی است که با اصول آن بزرگ شد. پیشرفت قرن بیستم چنان سریع بود که اینک از تقدس اینشتین کاسته شده

16. Arthur Eddington. 17. monolith.

است. آیا آغاز فروپاشی دیدگاه اینشتین از عالم چنان شدید می باشد که ما ممکن است در آستانهٔ عصر علمی جدیدی باشیم؟ هاوکینگ به این پرسش کاملاً پاسخ نمی دهد؛ [می‌گوید] «تا اتفاق نیفتد نمی توان گفت. یکی از زیبائی های چیز نامکشوف، همین نامکشوفی آن است».

٤

ارتباط اینشتین

اینشتین به مناسبت های گوناگون گفت یا نوشت که «خداوند با عالم، تاس‌بازی نمی‌کند». این اظهارنظر غیظ همیشگی او را نسبت به مکانیک کوانتوم، دستگاه ریاضی ای که در دهه های ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ برای توضیح رفتار ذرات زیراتمی بسط پیدا کرد؛ نشان می دهد. دهها سال بعد، استیون هاوکینگ در پاسخ به این جمله گفت: «خداوند نه‌تنها تاس‌بازی می‌کند، بلکه گاهی تاس ها را به جائی می اندازد که نمی توان دید». این مطلب به موجزی گفتهٔ اینشتین نبود، اما نقطه نظر هاوکینگ را نشان می داد که: دست کم زمان و علم بر اینشتین پیروز شده‌اند (گفتهٔ مربوط به تاس‌ها مبنی بر اینکه در جائی باشند که دیده نشوند، اشاره به این نکته دارد که ممکن است آنها درون یک سیاهچال باشند).

هاوکینگ در دفتر کارش مجموعهٔ کوچکی از عکس‌ها و پوسترهای اینشتین دارد. هرچند گاه عکس‌ها و پوسترهای تازه‌ای جای قدیمی ها را می‌گیرند. با این همه تمام آنچه هاوکینگ میل داشت دربارهٔ اینشتین به من بگوید، این بود که «خوب، او یک فیزیکدان بسیار باشکوه بود».

متعاقب تأیید تجربی نسبیت عام، اینشتین مورد تحسین جهانی بسیاری قرار گرفت. پادشاهان از او استقبال کردند؛ روزنامه‌ها و مجلات در انتظار

مصاحبه با او بودند و کتاب‌های همه‌فهم در باب نسبیت عام، در پی توضیح سرار آن بودند. نسبیت با مقاومت هم مواجه شد. بعضی از مردم نمی‌خواستند قبول کنند که یک شخص تنها، با استفاده از خطوط خرچنگ قورباغه‌ای ریاضی خود توانسته باشد نظام کلی عالم را از نو تعریف کند.

اینشتین، به رغم تحسین و جنجال، به کارش ادامه داد. بازآفرینی یک شاهکار انقلابی از نوع نسبیت عام غیرممکن بود، اما او می‌خواست به آن وسعت بخشد. معادلات نسبیت عام هندسهٔ فضا- زمان را توضیح می‌دهد و او یقین داشت که این معادلات برای هندسهٔ کل فضا- زمان ــ یعنی از ابتدا تا انتهای عالم ــ هم صدق می‌کردند. او یک سال بعد، در ۱۹۱۷، مقاله‌ای منتشر کرد که بیش از هر چیز دیگری به ایجاد کیهان‌شناسی جدید ــ مطالعهٔ منشأ، سرگذشت و شکل عالم ــ منجر شد.

این یک لحظهٔ خارق‌العاده بود. او در مقالهٔ مذکور اصل لیزر را، چهل سال قبل از آنکه نخستین لیزر ساخته شود، نشان داد، که این به نوبهٔ خود دستاورد حیرت‌آوری بود.

اما مهمتر آنکه او شرح داد چطور معادلات نسبیت عام می‌توانند رفتار مقادیر عظیم ماده را طی ادوار طولانی زمان در عالم توضیح دهند. اینشتین درست در همین جا گرفتار مشکل شد.

مسئله این بود که بهترین و ساده‌ترین تفسیرات معادلات او اشاره بر ناپایداری عالم داشت و حتی احتمالاً از وجود عالم منبسط‌شونده سخن می‌گفت. اخترشناس هلندی، ویلم دوسیتر[1]، از جمله کسانی بود که قبلاً معادلاتی را حل کرده بود که طبق آنها عالم بی‌ثبات، یا منبسط شونده یا منقرض شونده بود، اما هنوز به آرامش نرسیده بود. اینشتین مأیوس شد. او از

1. Willem de Sitter.

معادلاتش می‌خواست که آسمان را همان طور که بیشتر اخترشناسان تصویر کرده بودند، یعنی عالمی ثابت و تغییرناپذیر و یکنواخت[2] و همگن ــ در تمام جهات یکنواخت ــ و همگن ــ درهمه جا همگن ــ نشان دهند.

اینشتین گرفتار وضع نسبتاً غریبی شد. برای اینکه نسبیت عام را با این نمونهٔ عالم [یکنواخت و همگن] سازگار کند، معادلاتش را تغییر داد و رقمی بر آن افزود که خود این رقم را ثابت کیهان‌شناختی[3] نامید و از آن به عنوان یک «پیرایش جزئی»[4] یاد می‌کرد.

مسئلهٔ مستقیم ثابت کیهان شناختی آن بود که نسبیت عام به خودی خود چنان نظریهٔ کاملی بود که نیازی به ثابت‌های کلی نداشت. بنابراین «تعابیر دلتا»[5] ــ نامی که بر روی این ثابت‌ها گذاشته شده بود ــ واقعاً غیرضروری بودند.

اینشتین خود، به خوبی بر این مطلب وقوف داشت و آخرین جملهٔ مقالهٔ ۱۹۱۷ مبین آن بود «که تعبیر (دلتا) تنها به منظور مقدور ساختن پخش شبه‌ایستای مادهٔ مورد نیاز برای واقعیت سرعت‌های جزئی ستارگان ضرورت دارد».

در ۱۹۲۲ یک ریاضیدان روس به نام الکساندر فریدمن[6] معادلات اینشتین را، هم با ثابت کیهان‌شناختی و هم بدون آن، حل کرد. راه حل او با ثابت کیهان‌شناختی، مثل راه حل اینشتین، عالمی ایستا به دست می‌داد که برای همیشه یکنواخت باقی می‌ماند. راه‌حل دلیرانه‌تر دومی فریدمن، تعابیر دلتا را درنظر نمی‌گرفت و به اولین نمونهٔ عالم منبسط شونده منتهی می‌شد؛ در واقع دو نمونهٔ متفاوت از این عالم [منبسط شونده] وجود

2. isotropic. 3. cosmological constant. 4. «slight modification».
5. «delta terms». 6. Alexander Friedman.

داشت. هنوز هم باید معلوم شود که کدام یک از این دو معتبر است؛ هر یک از آنها دیدگاه متفاوتی از سرنوشت ابدی عالم به دست می دهد.

در واقع، امروز، دو نمونهٔ عالم منبسط شوندهٔ فریدمن پایهٔ کیهان‌شناسی است. نخستین عالم منبسط شونده، عالمی است که در آن تراکم ماده از مقدار بحرانی معینی کمتر است و بدان معناست که عالم لایتناهی است و برای ابد منبسط می‌شود. در عالم دومی ــ عالمی که مورد تأیید بیشتر کیهان‌شناسان جدید است ــ تراکم ماده از سطح بحرانی بیشتر است. در نتیجه، انبساط عالم روزی متوقف خواهد شد. این عالم متناهی است، اما بی‌کران نیز هست و اگر در آن به خط مستقیم حرکت کنید سرانجام به نقطهٔ حرکت خود بازمی‌گردید.

این مفهوم غریبی است و ما بر آن شده‌ایم تا آن را بپذیریم و مثل پخته شدن تخم مرغ ها در تابهٔ داغ، طبیعی بدانیم. هاوکینگ معتقد است که یک چنین عالمی، با پشت منحنی خود، مثل یک سیاهچال عظیمی است که در پیرامون خود نیز انحنا پیدا می‌کند. او می‌گوید، لااقل توضیحات ریاضی [در این مورد] شبیه یکدیگرند.

هاوکینگ می‌گوید «راه دیگری که ممکن است دوست داشته باشید به این نمونهٔ عالم نگاه کنید این است که آن را به مثابه حباب منبسط شوندهٔ عظیمی درنظر بگیرید. نقاط روی حباب معرف کهکشان‌هاست (همچنان که حباب باد می شود، نقطه ها از یکدیگر دور می شوند).

در ۱۹۲۲ اینشتین یک انتقاد ریاضی بر کار فریدمن منتشر کرد. او به زودی انتقادش را پس گرفت و تقریباً برای یک دهه به کلی موضوع را مسکوت گذاشت.

تقریباً در همان زمان، آخرین نمونهٔ تلسکوپ های بسیار بزرگتر که در غرب ایالات متحده ساخته می شد، آنچه را فریدمن قبلاً در محاسبات خود

پیش بینی کرده بود، عملاً در آسمان می دید. در **مونت ویلسن**[7] کالیفرنیا در ۱۹۰۸ یک تلسکوپ ۱/۵ متری نصب شد و در ۱۹۱۷ در همان رصدخانه تلسکوپی ۲/۵ متری تعبیه گردید. ادوین هابل[8]، یک قهرمان سابق مشت زنی، در ۱۹۱۹ کار در **مونت ویلسن** را آغاز کرد و تا ۱۹۲۳ نخستین برآورد فاصلهٔ کهکشان ما، راه شیری[9] را با کهکشان زن در زنجیر[10]، نزدیکترین همسایهٔ ما؛ به دست داد.

هابل همچنین نشان داد که زن در زنجیر تقریباً به اندازهٔ راه شیری بوده و این اشاره به آن داشت که سایر بخش های عالم هم مثل کهکشان خود ما بودند. هابل طی دههٔ ۱۹۲۰ کشف کرد که کهکشان‌های دوردست به طور یکنواخت در سرتاسر آسمان پخش می شوند و مهمتر از این، تأیید کرد که همهٔ کهکشان ها، مثل ساچمه‌های خارج شده از تفنگ شکاری، از یکدیگر دور می شوند.

هابل در ۱۹۲۹ اعلام کرد که داده های او نشان می دهد کهکشان ها با سرعتی که با فاصلهٔ آنها از راه شیری نسبت مستقیم دارد، از هم دور می شوند. این اولین دلیل روشن بر این بود که عالم منبسط شونده است و به **قانون هابل** مشهور شد و بیشتر فیزیکدانان متقاعد شدند که تفسیر فریدمن از [نظریات] اینشتین، از تفسیر خود اینشتین از [نظریاتش] معتبرتر است. اینشتین بر آن شد تا بپذیرد که ثابت کیهان شناختی بدترین اشتباه در زندگی علمی او بود.

پیش از مشاهدات هابل، محاسبات فریدمن برای نظریه‌پردازان، بازیچه‌ای بیش نبود. اما آنان با عنایت به **قانون هابل** آنچه را امروزه به اصل کیهان‌شناختی مشهور است، پایه گذاری کردند. موضوع اساسی اصل

7. Mount Wilson.
8. Edwin Hubble.
9. Milky Way.
10. Andromeda.

مذکور آن است که عالم تقریباً در تمام جهات یکسان است. عالم برای هر ناظری، صرف‌نظر از موقعیت کیهانی او، تقریباً یکنواخت به نظر می‌آید. از دههٔ ۱۹۳۰ به بعد هر مشاهده‌ای [کیهانی] واقعاً مؤید انبساط عالم بوده است، اما اینکه اصل کیهان‌شناختی معتبر است یا نه؟ هنوز از روی داده‌های اخترشناختی لزوماً تأیید نمی‌شود.

همچنان که ما دربارهٔ این موضوع صحبت می‌کردیم، هاوکینگ گفت: «در واقع تضمینی وجود ندارد که عالم در تمام نقاط یکسان باشد. انسان سرانجام به تصویری می‌رسد که در آن، عالم می‌تواند شاخه‌های متفاوتی داشته باشد. ما می‌توانیم در شاخه‌ای از عالم باشیم که به ما اجازه ندهد، تمام بقیهٔ عالم را ببینیم. در واقع احتمال غیرصفری برای عالم وجود دارد که [ممکن است] عالم اشکال متفاوت بسیاری داشته باشد».

با این همه، نسبیت عام، همراه با تفسیر فریدمن و مشاهدات هابل برای نخستین بار یک تصویر کامل ــ اگرچه الزاماً و به طور کامل درست نبود ــ از عالم به دست داد. اما تنها هنگامی که هاوکینگ و راجر پن‌رز، دهها سال بعد بر صحنه ظاهر شدند، کیهان شناسان به درک جامع واقعیت آن تصویر پرداختند.

هاوکینگ به من گفت: «یکی از خصوصیات راه‌حل‌های فریدمن که در آن زمان چندان جدی گرفته نشد، آن بود که این راه‌حل‌ها معلوم می‌کردند، در گذشته دوره‌ای وجود داشته است که در آن دوره، تمام مادهٔ عالم در نقطه‌ای منفرد؛ متمرکز بوده است». این نقطهٔ مشهور به «انفراد[11]» [یا نقطه «تکین»] است. [هاوکینگ ادامه داد که] «بیشتر افراد در آن زمان احساس می‌کردند که اوضاع حاکم بر عالم واقعی، هرگز نمی‌توانسته است چنان گسترده باشد».

11. singularity.

هاوکینگ به من گفت، در هنگامی که او و پن رز افکارشان را متوجه مسئلهٔ تفسیر نسبیتی منشاء عالم کرده بودند، به نظر آنان نمونهٔ فریدمن در مورد آنچه تا اولین یکصد ثانیهٔ عمر عالم یا بیش از آن اتفاق افتاده بود، دیدگاه منطقی مطلوبی را ارائه می‌کرد. او گفت: «طبیعتاً، ما تا حدودی مشتاق بودیم بدانیم که قبل از آن چه اتفاقی رخ داد».

مسئلهٔ نمونه‌های فریدمن، با همهٔ نوآوری‌شان، این بود که عالم واقعی بی‌نظمی‌هائی دارد. هاوکینگ گفت: «همچنان که انسان در زمان به عقب می‌رفت، ممکن بود این بی‌نظمی‌ها وسعت یابند و باعث شوند که ذرات منفرد با همگرایی از یکدیگر دور شوند و نوعی جهش غیرانفرادی[12] به وجود آورند. در آن حالت، تقاط [انفراد] در جریان انقباض از هم دور می‌شده‌اند و آن گاه عالم بدون آنکه هرگز به انفراد برسد در واقع دوباره منبسط می‌شده است.

در نتیجه هیچ کس نمونهٔ فریدمن را به عنوان تفسیری بر آنچه طی آفرینش عالم رخ داد، خیلی جدی نگرفت». هاوکینگ به من گفت: «درواقع بیشتر اشخاص فکر می‌کردند که آغازی حقیقی در کار نبود. ما ثابت کردیم که آنان در اشتباه بودند».

فیزیکدانان با به کارگیری نمونهٔ عالم منبسط‌شوندهٔ فریدمن در یک انقباض نظری در گذشته ــ به یک معنی، بازگشت در زمان ــ در جست و جوی آن بودند تا کشف کنند که درست در لحظهٔ آغاز عالم چه رخ داد؟ اساسی‌تر از این، آنان می‌خواستند ثابت کنند که عالم، طبق نمونهٔ فریدمن، آغازی داشت که در آن کل ماده در یک نقطهٔ منفرد، متمرکز بود و اینکه یک **انفجار بزرگ** وجود داشت که در آن این نقطه ظاهر و منفجر شد و عالم ما، فضا و زمان را به وجود آورد. هاوکینگ و همکارش پن‌رز بر آن

12. nonsingular boundary.

بودند تا این کار مهم را انجام دهند.

پن‌رز، یک ریاضیدان و فیزیکدان نظری جوان، در آن موقع در **دانشکدهٔ بریک**[13] دانشگاه لندن بود. از پیش از آن، خود را به عنوان یکی از پیشتازترین ریاضیدانان جهان تثبیت کرده بود. او استاد معماها و جداول هندسی و ریاضی بود و در تهیهٔ بسیاری از طرح‌های هنرمند گرافیست هلندی، ام. سی. اشر[14] به او الهام داده بود. علایق پن رز تصادفی نبود؛ پدرش یک تکوین‌شناس مشهور و مبدع جداول ریاضی و یکی از برادرانش ده بار قهرمان شطرنج بریتانیا و عمویش نقاش پیشرو سوررئالیست و دوست و زندگینامه‌نویس پابلوپیکاسو[15] بود.

هاوکینگ به من گفت: «نخستین موضوع عمده‌ای که روی آن کار کردیم این بود که آیا زمان آغازی دارد یا نه؟ و آیا فرجامی خواهد داشت؟ در ۱۹۶۲ که من کار بر روی این مسئله را شروع کردم، عقیدهٔ کلی بر این بود که زمان بی‌آغاز است».

یک موضوع منطقی برای نظریه‌پردازان **انفجار بزرگ** که در جست و جوی نمونه‌های مشاهده‌پذیرند، آن است که به پدیدهٔ ستارگان در خود فرو ریزنده (رمبنده)[16] توجه کنند. این ستارگان که بر اثر وزنشان درخود فرو می‌ریزند، ممکن است سرانجام به سیاهچالی منتهی شوند که در مرکزش آن نقطهٔ «انفراد» نامعلوم وجود دارد. مهمتر از این، این ستارگان ویژگی هائی برخلاف یک عالم منبسط شونده دارند.

سرگذشت هر ستاره ــ چه با اندازهٔ متوسط مثل خورشید یا به عظمت **قلب‌العقرب**[17]، که قطرش به اندازهٔ مدار زمین است ــ ضرورتاً مسابقه‌ای است بین نیروی پرقدرت گرما و تشعشع آن که به سمت خارج است

13. Birbeck College. 14. M.C. Escher. 15. Pablo Picasso
16. collapsing stars. 17. Antares.

ــ یعنی محصول اثرات متقابل بین انتهای ستاره ــ و نیروی گرانی پرقدرت که به سمت درون آن می باشد. اگر ستاره‌ای به قدر کافی سنگین بود، هیچ یک از آن سه نیروی مربوط به اثرات متقابل مؤثر در عالم ــ یعنی نیروی هسته‌ای پرقدرت، نیروی هسته‌ای ضعیف و نیروی الکترومغناطیس ــ نمی توانست در برابر کشش گرانشی مادهٔ خود ستاره مقاومت کند. لذا آن ستاره به خودی خود شروع به در خود فروریختن می‌کرد.

چه چیزی مانع از ادامهٔ همیشگی چنین اضمحلالی است؟ آیا ستاره با درهم فشرده شدن و تبدیل کل مادهٔ خود به صورت ذره‌ای بینهایت کوچک، یعنی نقطهٔ منفرد بسیار متراکمی، یک چنین ممانعتی را به وجود می‌آورد؟ فیزیکدانان با فرض وجود اضمحلال پایان‌ناپذیر ستاره نمی‌توانستند تعیین کنند که وقتی ستاره به نقطه‌ای که آنان انفراد می‌نامیدند، می‌رسید چه اتفاقی می‌افتاد. انفراد پایان راه است، جائی است که فضا و زمان به سهولت ناپدید می‌شوند. هاوکینگ به من گفت: «در انفراد مفاهیم عادی فضا و زمان درهم می‌شکنند. بر سر معادلات هم همین آمد».

بسیاری از نظریه‌پردازان معتقد بودند که انفرادها چیزی غیر از تجریدات ریاضی نیستند. پن‌رز تلاش ریاضی برجسته‌ای به عمل آورد تا نشان دهد که اضمحلال پایان‌ناپذیر یک ستاره صرفاً یک بازیچهٔ نظری نبوده و به یک انفراد واقعی و فیزیکی منتهی خواهد شد. پن‌رز نشان داد که فضا و زمان می‌توانند به جای پایان صرفاً مجازی، به پایانی فیزیکی برسند.

در ۱۹۶۵ هاوکینگ، که مجذوب این استدلال انفراد شد، با همکاری پن‌رز شروع به کار کرد. طی سه سال بعد، آن دو چندین نظریهٔ اساسی را

دربارهٔ ساختار فضا و زمان و انفرادها بسط دادند که نشان می داد، عالم با یک نقطهٔ انفراد آغاز شده است.

نشان دادن اینکه عالم به صورت یک انفراد بی نهایت متراکم، شبیه به محصول پایانی یک ستاره در اضمحلال نهایی، آغاز شد؛ کار آسانی نبود. هاوکینگ یادآور شد: «البته این نقطه‌ای بود که تمام معادلات ما در آن فروریخت. در معادلات اینشتین راه‌حل هائی وجود داشت که بسیاری از اشخاص در آن ایام فکر می‌کردند واقع‌بینانه نیست؛ این معادلات عالمی را نشان می دادند که بسیار یکنواخت و یکسان بود».

هاوکینگ با خنده گفت: «بیشتر افرادی که دربارهٔ این مسئله کار می‌کردند معتقد بودند که برای نزدیک شدن به حقیقت، انتخاب راه‌حل پیچیده و بی‌نظمی های عظیم، اجتناب‌ناپذیر است. هیچ‌کس نمی‌خواست باور کند که حقیقت می توانست به همان سادگی باشد که بود».

همچنان که انبساط عالم در یک انقباض نظری به عقب بازگردانده می شود، یکی از مسائلی که فیزیکدانان با آن مواجه می شوند وجود این احتمال است که ذرات، با حرکت بی نظم و تصادفی، از یکدیگر دور شوند. این فکر گروهی از نظریه‌پردازان روس در ۱۹۶۳ بود. آنان در آن هنگام نظریه‌ای پیشنهاد کردند که در خلال انفجار بزرگ لزوم حالات متناوب منبسط شونده و منقبض شونده را عنوان می‌کرد و به ذرات امکان می داد تا از برخورد با یکدیگر پرهیز کنند.

هاوکینگ با خنده گفت: «اولین کار تحقیقی بزرگ من آن بود که نشان دهم آنان در اشتباه بودند». بین ۱۹۶۵ و ۱۹۶۸ او و پن رز بر روی این مسئله کار کردند. هاوکینگ، تفکرشان را برای من چنین بیان کرد: «ما روش ریاضی جدیدی را بسط دادیم که واقعاً تحلیلی بود بر طریقی که نقاط فضا- زمان می توانند به طرزی تصادفی به یکدیگر مربوط باشند.

موضوع آن است که در نسبیت عام، هیچ علامتی نمی‌تواند سریعتر از نور حرکت کند. بنابراین، دو رویداد را نمی‌توان شرح داد، مگر اینکه بتوانند به یکدیگر بپیوندند و نیز بتوان با سرعتی برابر یا کمتر از سرعت نور، از یکی به دیگری رسید». این بدان معنی بود که هاوکینگ و پن رز، لازم نمی‌دیدند، آن طور که همه سعی کرده بودند، توضیح دهند که در لحظهٔ انفجار بزرگ بر سر ذرات متفرد چه می‌آمد. «درواقع، ما دریافتیم که می‌توان با استفاده از ویژگی‌های مقیاس بزرگ ثابت کرد که باید در آغاز کار، یک انفراد وجود داشته باشد. و این رهیافتی بسیار ساده‌تر و بدان معنی بود که زمان آغازی دارد».

هاوکینگ و پن رز به کار ادامه دادند تا ثابت کنند که نه تنها عالم می‌توانست در یک انفراد شروع شود، بلکه، درواقع، ناگزیر بود که در انفراد آغاز شود.

هاوکینگ گفت: «آنچه ما انجام دادیم این بود که نشان دهیم، ساده‌ترین راه‌حل نسبیت عام؛ راه‌حل درستی بود. درواقع، با فرض پیچیدگی کلی عالم، عملاً بسیار در خور اهمیت است که راه‌حل درست نسبیت عام ساده‌ترین راه‌حل نیز بود».

تفسیر فریدمن از نسبیت عام اینشتین، نخستین تصویر از یک عالم کامل را ارائه کرده بود. هاوکینگ و پن رز بر طرح اجمالی او یک تفسیر نسبیتی از عالم اولیه افزودند که مستلزم وجود دست کم یک انفراد فیزیکی بود.

این انفراد که هاوکینگ و پن رز با محاسبات خود کشف کردند، اگرچه محققاً واقعی و فیزیکی است، از نظر ریاضی رویدادی در فضا-زمان است که در آن رفتار فیزیکی معمولی فرو می‌ماند. از آنجا که محاسبات‌شان نشان داد که یک عالم نسبیتی و دارای صفات مشخصهٔ

واقعی باید یک چنین انفرادی داشته باشد، پیامد آن واضح بود: بدون اینکه یک انفجار بزرگ یا چیزی شبیه آن را در آغاز کار بیابید، نمی توانید با استفاده از نسبیت عام به عالم نگاه کنید. تحلیل نظری انفجار بزرگ ــ برای اولین بار تا آن زمان ــ از هنگامی که فریدمن محاسباتش را در مورد نسبیت عام به کار برده بود، یکی از گام‌های بلند کیهان‌شناسی به حساب می آمد.

تقریباً در همان زمان ــ طی دهۀ ۱۹۶۰ ــ کشفیات اخترشناسی، کار نظری فریدمن را تأیید کرد. مهمترین این کشفیات (بعد از کشفیات هابل) کشف تشعشع زمینۀ پراکنده شده و به طور یکنواخت در سرتاسر عالم بود که در ۱۹۶۴ به طور ندانسته توسط آرنولد پنزیاس[18] و رابرت ویلسن[19] پیدا شد. هاوکینگ گفت، «این کشف حقاً به عنوان یکی از بقایای انفجار بزرگ تفسیر شد. کشف مذکور قبلاً در ۱۹۴۸ توسط جورج گاموف[20] و همکارانش پیش بینی شده بود، اما در آن زمان، تا حدودی در نتیجۀ مسائل مبتلا به نمونۀ فریدمن؛ هیچ کس این پیش بینی را جدی نگرفت».

دستاورد دیگر دارای اهمیت بسزا، کشف این موضوع بود که عنصر هلیوم در حدود ۲۵ درصد جرم کل مادۀ کیهان را تشکیل داده و ۷۵ درصد بقیه عمدتاً از هیدروژن ساخته می شود. [به گفته هاوکینگ] «محاسبات گاموف و تصحیحات بعدی، پیش بینی کرده بود که تقریباً یک صدم ثانیه بعد از انفراد، یک چهارم کل پروتون‌ها و نوترون هائی که قبلاً به وجود آمده بودند، باید به هلیوم و مقدار کمی دوتریوم تبدیل شده باشند. غیر از روشی که محاسبات گاموف نشان داده بود توجیه آن همه هلیوم به هر طریق دیگر دشوار بود. بنابراین، کشف اخیر برای نظریه پردازان دستاوردی رضایتبخش بوده و تقریباً همان اهمیت کشف تشعشع زمینۀ باقی مانده از حالت تراکم

18. Arnold Penzias. 19. Robert Wilson. 20. George Gamow.

عالم را داشت».

این کشفیات مؤید کار نظریه‌پردازانی بود که نشان می‌دادند سرچشمهٔ عالم در انفجار به شدت داغی قرار داشت. آنان با انجام چنین کاری روشن ساختند که نظریه‌پردازان قادر بودند به کاری بیش از تفکر محض دست بزنند و می‌توانستند در مورد پیدایش و سرگذشت عالم به برخی نتایج معتبر برسند. و هاوکینگ و پن رز تمام این مشاهدات را یک کاسه کردند تا توضیح دهند که **انفجار بزرگ** نه تنها جنبهٔ واقعیت و نظری موجهی داشت، بلکه حتی وجود آن یک ضرورت بود.

اینشتین، جداً، به رغم اشتباه بزرگ ثابت کیهان‌شناختی، سال‌ها پیش به نتیجهٔ مشابهی رسیده بود. هنگامی که ــ با کمک غیرمستقیم فریدمن ــ ثابت‌های مشهور دلتـ را بـه دور انداخـت، دریافت که نسبیت عام مستلزم آن بود که عالم در طول تاریخ خود لااقل یک انفراد داشته باشد. اما او این انفراد را به عنوان یک نقطه در معادلات، جائی که نظریه به سهولت فروریخت، مطرح نکرد.

طبق پذیرفته‌ترین دیدگاه **انفجار بزرگ**، تمام مادهٔ عالم از یک گاز متراکم بسیار داغ به صورت گلوله آتشین اولیه، در ده تا پانزده بیلیون سال قبل؛ تشکیل شد.

همچنان که ما به صحبت خود دربارهٔ عالم واقعی اولیه ادامه دادیم، هاوکینگ گفت: «بزرگترین سوءتفاهم در بارهٔ **انفجار بزرگ** آن است که تصور شود این انفجار به صورت توده‌ای از ماده در جائی از فضای تهی رخ داده باشد. آنچه در خلال **انفجار بزرگ** پیدایش یافت، فقط ماده نبود؛ بلکه فضا و زمان هم متولد شد. بنابراین به مفهومی که زمان دارای آغاز باشد، فضا هم آغازی دارد».

من از او پرسیدم، آیا واقعاً به چنین زمانی معتقد است؟ درواقع آیا زمان

با انفجار بزرگ شروع شد؟ [او گفت:] «وقتی که به عالم واقعی اولیه بازگردید، مفهوم عادی زمان تحت‌الشعاع قرار می‌گیرد. وقتی که تا مرز بی‌نهایت به عقب بازگردید، دیگر نمی‌توانید اعتقادی معمولی دربارهٔ زمان داشته باشید. نزدیک انفجار بزرگ، وقتی که برای تعریف زمان به سادگی راهی پیدا نمی‌شود، نقاطی وجود دارد. در آن مفهوم، زمان آغازی دارد».

برای اثبات وجود انفراد در آغاز عالم، فیزیک نسبیت عام به کار گرفته شد. هاوکینگ گفت: «مسئلهٔ این دیدگاه این است که نسبیت عام، که به منظور پیش‌بینی انفراد در منشاء عالم به کار برده شد، یک نظریهٔ صرفاً مرسوم (کلاسیک) است. بنابراین، در نسبیت عام چیزی نیست که رفتار کوانتومی ذرات زیراتمی را که در انفجار بزرگ بوجود آمدند، به حساب آورد».

حرکت و جرم ذرات زیراتمی توسط مکانیک کوانتومی توضیح داده می‌شود. مکانیک کوانتومی یک دستگاه ریاضی است که در دهه‌های ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ بسط داده شده و نسبت به نسبیت عام کاملاً بیگانه است. مکانیک کوانتومی اثرات متقابلی را که در سطح زیراتمی شرکت دارند، توضیح می‌دهد و هسته آن اصل عدم قطعیت است که در ۱۹۲۷ توسط فیزیکدان آلمانی ورنر هایزنبرگ[۲۱] اعلام شد.

اصل عدم قطعیت می‌گوید که جفت‌های معینی از کمیات، از قبیل موقعیت و اندازهٔ حرکت یک الکترون، را نمی‌توان به طور همزمان اندازه گرفت. این بدان معناست که الکترون آن ذرهٔ عینی، مطلق و قابل اندازه‌گیری[۲۲] ماده که فیزیک مرسوم (کلاسیک) توضیح می‌دهد نیست،

۲۱. Werner Heisenberg، ۱۲۸۰—۱۳۵۵ / ۱۹۰۱—۱۹۷۶، طبق اصول عدم قطعیت، موقعیت و سرعت یک جسم را نمی‌توان ــ حتی از دیدگاه نظری ــ دقیقاً و به طور همزمان اندازه گرفت.

بلکه نوعی موجودیت عینی است که به یک معنی به اطراف هسته مالیده [یا اندود] شده است.

اصل عدم قطعیت وجه تمایز مکانیک کوانتومی یا سایر رشته‌های فیزیک است، زیرا با محاسبات ریاضی نشان می‌دهد که ذرات اتمی و هسته‌ای به طریقی غیرقطعی و تصادفی پراکنده می‌شوند. توضیح موقعیت هر ذره در هر لحظه تنها با استفاده از یک دستگاه آمار و احتمالات میسراست.

همین عامل غیرقابل پیش‌بینی بود که مکانیک کوانتومی را برای اینشتین غیرقابل قبول ساخت. اصرار اینشتین بر این بود که عالم را مکانی منظم و قابل پیش‌بینی درنظر بگیرد. نسبیت عام بازتاب کاملی از آن دیدگاه بود. به نظر اینشتین، دستگاه کوانتوم از نظر فلسفی و ریاضی چنان مجهز نبود که بتواند در همان عالم نسبیت عام، وجود داشته باشد. فیزیکدانان امروزی اگرچه اهمیت کوانتوم و نسبیت عام را برابر می‌دانند. و مثل نسبیت عام، مکانیک کوانتومی هم تاکنون هرگونه آزمایش تجربی ابداع شده برای خود را توضیح داده است. این آزمایش‌ها در شتابگرهای ذرات صورت می‌گیرد که اجزای متشکلهٔ اتم‌ها را از یکدیگر جدا می‌کنند تا معلوم شود از چه ساخته شده‌اند، فرایندی که برخی نظریه‌پردازان آن را به کنایه به خرد کردن یک ساعت برای دستیابی به علت خرابی آن؛ تشبیه می‌کنند.

به نظر می‌رسد که مکانیک کوانتومی مدعی است که جهان زیراتمی ــ و حتی جهان فراسوی اتم ــ به هیچ وجه ساختار مستقل ندارند، مگر اینکه با هوش انسانی تعریف شود. (این دیدگاه عالم شباهت‌هائی با فلسفهٔ شرقی دارد که منجر به نگارش مجموعه‌ای از نوشته‌های مشهور، چون

22. determinable

تائوی فیزیک فریتجوف کاپرا[۲۳] و تصوف و فیزیک جدید مایکل تالبوت[۲۴]، که می‌کوشد فیزیک کوانتومی را با تصوف شرقی مربوط کند؛ شده است. اینها مایهٔ نگرانی هاوکینگ است). فیزیکدانان نتوانسته‌اند این دستگاه [کوانتوم] را با دیدگاه عالم در نسبیت عام آشتی دهند. در حالی که نسبیت عام وجود انفراد کاملاً نقطه مانند را در آغاز زمان مجاز می‌داند، [اما] مکانیک کوانتومی آن را تأیید نمی‌کند، زیرامکانیک کوانتومی تعریف همزمان موقعیت دقیق، سرعت و اندازهٔ هر ذرهٔ منفرد (یا انفراد) را منع می‌کند.

سرانجام، اگر می‌خواهیم از کارهای عالم بینهایت کوچک از همان آغاز آن سر دربیاوریم، ناچار باید مکانیک کوانتومی به بازی گرفته شود. تنها با آشتی دادن دو قلمرو ظاهراً آشتی ناپذیر فیزیک است که نظریه‌پردازان می‌توانند امیدوار باشند به نظریهٔ میدان وحدت یافته که کارهای کل عالم را توضیح خواهد داد؛ دست یابند.

کارهای هاوکینگ نشان داده است که تبیین چنین نظریه‌ای مستلزم درک عمیقی از سیاهچال‌ها نیز خواهد بود که در ساختار خاموش و بازدارندهٔ‌شان شباهت‌های ریاضی عمده‌ای با آغاز زمان وجود دارد.

23. Fritjof Capra's *The Tao of Physics*.

24. Michael Talbot's *Mysticism and the New Physics*.

۵

برخورد با سیاهچال

اختصاص عنوان روی جلد مجلهٔ تایم در چهارم سپتامبر ۱۹۷۸ به سیاهچال‌ها اوج هیجان عمومی در رابطه با این اجسام نادیده و غالباً نامفهوم، بود. در ستونی در حاشیه مقاله به نحو درخور اهمیتی از هاوکینگ سخن به میان آمده و گفته شده بود: «یکی از نظریه‌پردازان علمی پیشتاز این سده و شاید همردیف اینشتین».

وقتی که دربارهٔ این مقایسه از هاوکینگ پرسیدم، او با خنده گفت: «مقایسهٔ دو آدم متفاوت هرگز اعتباری ندارد ــ و بی اعتبارتر از آن مقایسهٔ دو فیزیکدان متفاوت است». او در حالی که به موضوع خاتمه می‌داد افزود که «آدم‌ها کمیت‌پذیر[1] نیستند».

هاوکینگ کتمان نمی‌کند که او استاد سیاهچال‌هاست و اگرچه هم‌اکنون توجهش به جای دیگری ــ عمدتاً عالم واقعی اولیه ــ معطوف است، اما هنوز هم به سیاهچال‌ها با ترس و شوق می‌نگرد. او همیشه حاضر است دربارهٔ آنها حرف بزند.

هنگامی که از او پرسیدم برخورد با سیاهچال شبیه چیست؟ با پوزخندی گفت: «از اینجا نمی‌توانید به آنجا برسید». آنگاه، همچنان

1. quantifiable.

که توضیح مفصل کارش در مورد سیاهچال‌ها را شروع کرد، با تکان زورکی ملموس شانه‌های نحیف خود پرسید که در این بحث طالب چه مقدار ریاضیات هستم.

به طوری که هاوکینگ می‌گوید، سیاهچال‌ها شکاف‌هائی در ترکیب فضا و زمان هستند که براثر نیروی گرانشی تصورناپذیر، بسیار متراکم شده و تغییر شکل[2] داده‌اند به طوری که فیزیکدانان برای سال‌ها معتقد بودند، هیچ چیز از جمله نور نمی‌توانست از آنها بگریزد. بنابراین آنها، برحسب تعریف، نامرئی‌اند. هیچ کس، با هیچ تلسکوپ نیرومندی آنها را ندیده است و هرگز نخواهد دید.

هاوکینگ به وجود سیاهچال‌ها اطمینان دارد. او گفت: «ممکن است تنها در کهکشان ما به اندازهٔ یک بیلیون [سیاهچال] وجود داشته باشد». من پرسیدم که دلیلش چیست؟ و نظر او این بود که در حال حاضر وجود آنها تنها توسط راه‌حل‌های خاص معادلات نسبیت عام و معدودی داده‌های فیزیکی پراکنده، می‌تواند تأیید شود.

به رغم راز حاکم بر سیاهچال‌ها، فیزیکدانان در سال‌های اخیر، بیشتر در نتیجهٔ کارهای هاوکینگ، به سراغ سیاهچال‌ها آمده‌اند تا هر چیزی، از آفرینش کهکشان‌ها و اخترنماها تا سرنوشت نهایی خود عالم، را توضیح دهند.

هاوکینگ به من گفت: «تا حدودی مثل این است که از موضوع توضیح ناپذیری برای شرح موضوع غیرقابل توضیح دیگر، استفاده شود». او هم به اندازهٔ هر کس دیگر، در معما و راز این مرموزترین اجسام کیهانی محظوظ می‌شود. [می‌گوید:] «در سیاهچال‌ها، فضا و زمان، آن طور که معمولاً دربارهٔشان می‌اندیشیم، به پایان می‌رسند. این اندیشه باعث زحمت

2. distorted.

است».

جسمی مثل یک سیارک یا فضانوردی که بسیار به حاشیهٔ سیاهچال نزدیک شود ابتدا از شکل طبیعی خود خارج شده و به صورت نواری لاستیکی کشیده می‌شود و سپس بدون اینکه اثری از خود بگذارد در درون سیاهچال ناپدید می‌شود. در آن معنی، سیاهچال‌ها جاروهای برقی کیهانی‌اند که هرچه با آنها برخورد می‌کند، از ستارگان عظیم تا ذرات گرد و غبار فضا و ذرات (فوتون‌های) نور، را می‌بلعند. از سیاهچال گریزی نیست.

هاوکینگ و دیگر نظریه‌پردازان معتقدند که مفهوم وحدت‌بخش مورد کنکاش قدیمی فیزیک ــ نظریه‌ای که اثر متقابل اصلی عالم را توضیح می‌دهد ــ در پیرامون سیاهچال‌ها یا ساختمان‌های ویژهٔ مشابهی قرار دارد که جائی در جریان تکامل کیهان ظهور می‌کنند.

یک چنین ساختمان ریاضی‌ای، دست کم در نظریه، می‌بایست بتواند که ساختمان هر ذره از مادهٔ عالم و همچنین همهٔ نیروهائی که در این ذرهٔ مادی اثر متقابل دارند، را توضیح داده و تا حدودی مثل تهیهٔ یک دستورالعمل سادهٔ تهیه سوپ یا سیمان و نظایر آن، باشد و همهٔ موارد مطروحه را به زبان ریاضی بیان کند.

اگرچه چنین چیزی دور از دسترس به نظر می‌آید، اما هاوکینگ به من اطمینان می‌دهد که فیزیک طی بیست سال یا کمتر از آن به چنین مفهوم جامعی دست می‌یابد.

هنگامی که از هاوکینگ پرسیدم، اول بار چطور به سیاهچال‌ها علاقه‌مند شد؟ به من گفت: «در سیاهچال‌ها بود که نخست برایم معلوم شد نیروی پرقدرتی که ذرات بنیادی را به یکدیگر متصل می‌کنند، می‌توانند با نیروهای گرانش ضعیف‌تر همراه باشند. و البته سیاهچال‌ها جاذبهٔ

خاص خود را در اسرارشان و نیز تصوراتی که به اندیشهٔ انسان منتقل می‌کنند، دارند».

سیاهچال‌ها پیامدهای طبیعی مرگ ستارگانند. اگر اضمحلال یک ستاره بتواند نهایتاً به یک انفراد منتهی شود، می‌توان سیاهچال را به عنوان مرحلهٔ پایانی مرگ ستاره، پیش از رسیدن به نقطهٔ انفراد تلقی کرد. و این سیاهچال است که سرانجام انفراد را از بقیهٔ عالم پنهان می‌کند و بین فضا-زمان عادی پیرامون آن فاصله ای به وجود می آورد.

دانشمند فرانسوی پیر سیمون لاپلاس[3] تنها با استفاده از عقاید نیوتن دربارهٔ گرانی و نور، نخست در ۱۷۹۶ مطرح کرد که در صورت بزرگ بودن ستاره به اندازهٔ کافی چه اتفاقی می افتد؟ نظریهٔ او این بود که می تواند یک نیروی جاذبه گرانشی کافی وجود داشته باشد تا تمام تشعشع ستاره، از جمله نور را دوباره به زیر سلطهٔ خود درآورد.

لاپلاس تقریباً دو قرن پیشتر از زمان او نوشت: «محتمل است که بزرگترین اجسام درخشان عالم، واقعاً نامرئی باشند».

در مورد خورشید، نزدیک به پنج بیلیون سال بین نیروهای مخالف، آتش‌بس بوده است. اخترشناسان فکر می‌کنند که این تعادل نیروها دست کم برای مدتی بیش از این ادامه خواهد یافت. طبق نظریهٔ آن زمان، سرانجام با تمام شدن سوخت خورشید، گرانی مسابقه را خواهد برد. آنگاه جرم خورشید، که گویی متراکمی از گاز داغ به قطر ۸۶۵۰۰۰ مایل [۱/۳۸۴/۰۰ کیلومتر] است، شروع به اضمحلال خواهد کرد.

هنگامی که مادهٔ خورشید به قدر کافی متراکم شود، به صورتی درخواهد آمد که اخترشناسان آن را «کوتولهٔ سفید[4]» می نامند، این یک نام مجازی است که به گوی جوشان هسته های اتمی و الکترون های آزاد نسبت

3. Pierre Simon Laplace.

4. white dwarf.

داده می‌شود در آن صورت خورشید، تنها حدود چهار برابر زمین خواهد بود. که این اندازه در معیارهای کیهانی ناچیز است.

به هر حال، جرم خورشید تقریباً به همان اندازه‌ای که اکنون هست، باقی خواهد ماند. در نتیجه، کشش گرانشی بر مادهٔ اتمی در سطح آن بسیار نیرومندتر از امروز خواهد بود. سرعت لازم برای جسم موشک مانندی که بتواند از سطح خورشید بگریزد از ۳۸۰ مایل [۶۰۸ کیلومتر] در ثانیهٔ فعلی به ۲۱۰۰ مایل [۳۳۶۰ کیلومتر] در ثانیه افزایش خواهد یافت.

اضمحلال می‌تواند ادامه یابد. فیزیکدانان یقین دارند که هر ستاره می‌تواند تا مرز بی‌نهایت مضمحل شود. برای رسیدن به آن نقطهٔ خودتباهی[5] دائمی، درواقع ستاره باید بسیار عظیم باشد. در مورد خورشید، تنها با جرم ابتدایی متوسط، اضمحلال از مرحلهٔ تشکیل کوتولهٔ سفید فراتر نخواهد رفت. در آن نقطه یک قانون فیزیکی موسوم به اصل طرد[6] مداخله می‌کند.

طبق این قانون دو الکترون نمی‌توانند انرژی فضایی مشابهی داشته باشند یعنی در میزان فشردگی ماده محدودیتی وجود دارد. این محدودیت با معیارهای عادی بسیار است؛ در مرحلهٔ کوتولهٔ سفید به اندازهٔ یک نوک انگشت از جرم خورشید چندین تن وزن خواهد داشت.

اگر یک ستارهٔ اولیه جرم بیشتری داشته باشد ــ به فرض ۱/۴ برابر حجم خورشید یا بیشتر از آن ــ اصل طرد تحت الشعاع گرانش قرار خواهد گرفت. یک چنین ستاره‌ای وقتی در معرض اضمحلال گرانشی قرار می‌گیرد، نیروی گرانش آن را به طرف خود می‌کشد، هسته های اتمی را از هم جدا و اتم ها را نابود می‌کند.

ستاره سرانجام به «ستارهٔ نوترونی[7]»، که جرم سنگینی از نوترون هائی

5. self-annihilation. 6. exclusion principle. 7. neutron star.

است که تنها چند کیلومتر قطر دارند، تبدیل می‌شود. سرعت گریز در سطح [ستاره] ۱۲۰/۰۰۰ مایل [۱۹۲۰۰۰ کیلومتر] در ثانیه خواهد بود. اگر ستاره جرمی بیش از ۳/۶ برابر جرم خورشید داشته باشد، انقباض ستاره در مرحلهٔ نوترونی هم متوقف نمی‌شود. اینک به وضوح مسئولیت برعهدهٔ گرانی است و گرانی رحم نمی‌کند. گرانی ستاره را به درونش می‌کشاند و ستاره قربانی وزن خویش می‌شود. سرانجام [اضمحلال] به جائی می‌رسد که سرعت گریز در سطح [ستاره] چنان زیاد می‌شود که به ۳۰۰/۰۰ کیلومتر در ثانیه ــ یعنی سرعت نور ــ می‌رسد. اگر در آن لحظهٔ دقیق، به ستاره نگاه کنید، این ستاره که قبلاً تاریک و نورش از یک سایهٔ ضعیف الکترومغناطیس بیشتر نبود، سوسو خواهد زد.

گرانی نور را به عنوان آخرین قربانیش انتخاب می‌کند. ستارهٔ پیشین، و سیاهچال فعلی، مطلقاً و کاملاً نامرئی شده است و برای مدت‌های بسیار بسیار طولانی، به همین وضع باقی خواهد ماند.

اخترشناسان توانسته‌اند آثاری از کوتوله‌های سفید بیابند که هنوز دارای چنان تشعشع نورانی کافی بوده و توسط تلسکوپ‌های بزرگ عکسبرداری می‌شوند؛ صداهای[8] الکترومغناطیس ستارگان نوترون را نیز می‌توان توسط رادیوتلسکوپ‌ها شناسایی کرد. به هر حال، سیاهچال‌ها، به اقتضای طبیعت خود عوامل[9] ارتباطی ضعیفی هستند. عقیده عمومی بر این است که آنها وجود دارند، اما فیزیک اخترشناسان ــ و حتی فیزیکدانان نظری ــ قلباً مشتاق‌اند که نگاهی به آنها بیندازند.

اما در مورد خود هاوکینگ؛ آیا واقعاً باور می‌کند که سیاهچال‌ها غیر از عالم معادلات وجود داشته باشند؟ درواقع، او به اتفاق برخی از فیزیکدانان دیگر متقاعد گردیده که دست کم یک سیاهچال پیدا شده است.

8. squawk.

9. correspondent.

او معتقد است که «اگر به صورت فلکی ماکیان[10] نگاه کنید، فرصت مناسبی است که در مورد یک سیاهچال تحقیق کنید».

برخی ستارگان به صورت جفت حرکت می‌کنند. آنها را ستارگان دوتایی[11] می‌نامند و مدارشان بر گرد مرکز گرانی مشترکی است. اخترشناسان استدلال می‌کنند که اگر یکی از ستارگان دستگاه دوتایی به درون یک سیاهچال کشیده و مضمحل شود، آن ستارهٔ سیاه نامرئی باز هم تأثیر تماس گرانشی خود را بر جفت مرئی‌اش خواهد گذاشت. هاوکینگ مطمئن است که اخترشناسان یک چنین زوج آمیخته‌ای را در صورت فلکی قو، به فاصلهٔ ۶۰۰۰ سال نوری از زمین، یافته‌اند. او می‌گوید: «ستارهٔ مرئی، یعنی ستارهٔ آبی، کشیده شده و تغییر شکل می‌دهند». دلیل این امر آن است که جفت آن، که دیگر خود سیاهچال است، نیروی گرانشی عظیمی بر ستارهٔ مرئی اعمال می‌کند و آن را به شکل یک تخم مرغ درآورده و به جانب خود می‌کشاند.

کشف این سیاهچال آشکار در ۱۹۷۳ در ستارهٔ دوتایی موسوم به ماکیان ایکس-۱[12] چنان موجب هیجان اخترفیزیکدانان نظری شده است که اگر به طور ناگهانی در فراسوی نپتون (که در حال حاضر، با آرایش فعلی مدار منظومهٔ شمسی، دورترین سیاره به خورشید است) سیارهٔ دیگری در انظار پدیدار شده بود، چنان هیجانی به وجود نمی‌آورد. سرچشمه‌های پیدایش این سیاره دوتایی موضوع بحث پایان‌ناپذیری است.

هاوکینگ با یکی از بهترین دوستان خود به نام کیپ تورن[13]، که نظریه‌پرداز معتبری در مؤسسهٔ تکنولوژی کالیفرنیاست، در مورد اصل و نسب جسم مرموز ماکیان ایکس-۱ شرط‌بندی کرده است. اگر معلوم شود که در

10. Cygnus.
11. binary.
12. Cygnus X-1.
13. Kip Thorne.

آن دستگاه دوتایی سیاهچال وجود ندارد ــ که قلب فیزیکدانان بسیاری را می‌شکند ــ هاوکینگ برندهٔ چهار سال اشتراک مجلهٔ فکاهی بریتانیایی **پرایویت آی**[14] خواهد شد. اگر زوج ستاره یک سیاهچال باشد، آنگاه تورن یک سال اشتراک مجلهٔ **پنتوس**[15] را برنده می‌شود.

این شرط‌بندی نابرابر چهار به یک نیز خود در مراکز علمی فیزیک نسبتاً مشهور شده است. چرا هاوکینگ، که کارش درواقع مستلزم وجودسیاهچال‌هاست، علیه موجودیت آنها شرط‌بندی می‌کند؟ او یک روز ضمن اینکه در بارهٔ احتمال وجود سیاهچال در **ماکیان ایکس-۱** صحبت می‌کردیم، به من گفت: «درواقع این گفته‌ای است در بارهٔ روان‌شناسی خود من. من عملاً راحت‌تر از کیپ می‌توانم برنده شوم. هر تعداد مشاهده‌ای که به عمل می‌آید ــ از قبیل گسیل ضربان‌ها ــ وجود یک سیاهچال را نفی می‌کند».

به هر حال، او یقین دارد که **ماکیان ایکس-۱** می‌تواند همان سیاهچال واقعی باشد. او گفت: «اگر سیاهچال نباشد، واقعاً باید یک چیز ناشناس باشد».

اخترشناسان ممکن است بیش از یک سیاهچال یافته باشند. گروهی از کانادائی‌ها و امریکائیان در ۱۹۸۳ اعلام کردند که سیاهچال ثانوی‌ای را کشف نموده‌اند که بیرون از کهکشان خود ما بود. آنان سیاهچال مورد نظر را از روی گسیل پرتوهای مجهول نیرومند، در **ابر ماژلانی عظیم**[16]، که کهکشان اقماری راه شیری است و فقط در نیمکرهٔ جنوبی دیده می‌شود؛ شناسایی کردند.

آنان با استفاده از تلسکوپ چهار متری **رصدخانهٔ O ــ A ــ I**[17] واقع در

14. *Private Eye.* 15. *Penthouse.* 16. Large Magellanic Cloud.
17. Inter-American Observatory at Cerro Tololo.

سروتولولوی شیلی فاصلهٔ سیاهچال را از زمین ۱۸۰۰۰۰ سال نوری و وزنش را حدود ده برابر خورشید و فاصله‌اش را با ستارهٔ جفت آن فقط ۱۱ میلیون مایل [۲۲/۶ میلیون کیلومتر] برآورد کردند.

یک سیاهچال، چه در صورت فلکی قو، یا ابرماژلانی عظیم یا هر جای دیگر، طبق هر تعریفی، از ساکنان خارق‌العادهٔ عالم است. وجود سیاهچال تخطی از قوانین فیزیک است. علاوه بر این، چه چیز مانع از اضمحلال بیشتر سیاهچال و درواقع تبدیل آن به صورت انفراد، یعنی ذرهٔ بی نهایت کوچک با تراکم نامحدود شبیه آن ذرهٔ موجود در انفجار بزرگ؛ می شود؟

هاوکینگ و پن رز در اوایل کارشان نشان دادند که این دقیقاً همان چیزی است که در صورت سوختن کامل برخی ستارگان می توان انتظار وقوعش را داشت. هاوکینگ؛ بعداً، ضمن کار با همکاران دیگر، توانست نشان دهد که یک سیاهچال احتمالاً حالت نسبتاً پایداری خواهد یافت که دیگر ارتباطی به ستارهٔ مضمحل شدهٔ هم‌تبارش ندارد. درواقع، چنین سیاهچال هائی فقط دارای سه پارامتر قابل اندازه گیری جرم، میزان چرخش و بار الکتریکی خواهند بود.

هاوکینگ گفت: «معلوم شد که این دارای اهمیت علمی واقعی است». از او پرسیده بودم اگر جسمی که نه قابل رؤیت است و نه قابل سنجش و اندازه گیری، دارای پارامترهای حقیقی باشد چه اختلافی روی می دهد؟

او توضیح داد «خوب، این فقط می توانست به این معنی باشد که ساختار میدان گرانشی هر سیاهچال را می توان به طرز صحیحی پیش بینی کرد. و این هم بدان معنی بود که انسان می توانست نمونه هائی از اجسام اخترفیزیکی — از قبیل ماکیان ایکس-۱ — بسازد که تصور می شد حاوی

سیاهچال باشند. آنگـــاه مقایســه ویژگی های آن نمونه با مشاهدات واقعی میسر می‌گردد.

در دهۀ ۱۹۷۰ سیاهچال‌ها به صورت ظهور یک پدیدۀ فرهنگی درآمدند. نوشته های روی ماشین‌ها و پیراهن‌ها ما را مطمئن کرد که «سیاهچال‌ها دور از دیدند». سیاهچال‌ها موضوع مشترک نمایشـــات، فکاهیـــات و شوخی هـــای بی‌پایـــان بودند. برداشت عامیانۀ نیمۀ دهۀ ۱۹۷۰ نسبت به سیاهچال‌ها شاید واقعاً یک هوس بود. در آن معنی سیاهچال‌ها نوعی مثلث برمودای فضایی بودند، چیزی که در ردۀ پدیده‌هائی چون روان‌شناسی تجربی، علم غیب، بشقاب‌های پرنده و طالع‌بینی؛ قرار می‌گیرد.

تصور یک سیاهچال یا انفجار بزرگ، هر دو، ذهن ناخودآگاه ما را سراسیمه و مشعوف می‌کند. سیاهچال‌ها می‌توانند استعاره‌ای از سرنوشت خود ما یا سرنوشت عالم باشند. اگر ستاره‌ای بتواند به خودی خود مضمحل شود، چرا کل عالم نشود؟

هاوکینگ گفت: «اطلاق کلمۀ سیاهچال به این چیزها از کلک‌های جان ویلر[18] بود. این نام یادآور بسیاری از اختلالات عصبی انسان است. بی‌شک بین نامگذاری سیاهچال‌ها و همه‌فهم کردن آنها یک رابطۀ روان‌شناختی وجود دارد».

او، در حالی که برای لحظه‌ای به روان‌شناسی تعابیر علمی می‌اندیشید، گفت: «اطلاق نام مطلوب برای یک مفهوم، واحد اهمیت است. بدان معناست که موجب جلب توجه مردم خواهد شد. من تصور می‌کنم که نام (سیاهچال) در عین حال که تأثیر نسبتاً دراماتیکی دارد، بسیار توصیفی نیز هست. این نام تأثیر روان‌شناختی نیرومندی دارد.

18. John Wheeler.

می‌تواند تصور مطلوبی برای [توضیح] توهمات انسان نسبت به عالم باشد».

درست همان طور که پیش از انفجار بزرگ نسیان کامل وجود داشت، در مرکز یک سیاهچال هم نسیان کامل برقرار است. همان طور که پیش از انفجار بزرگ زمان عادی وجود نداشت، در مرکز سیاهچال هم وجود ندارد. جاذبهٔ سیاهچال‌ها و انفجار بزرگ برای هاوکینگ بسیار است. علاوه بر این، در هر دو مفهوم، پایه‌های اساسی و مرتبط فیزیک قرن بیستم، یعنی نظریهٔ نسبیت عام اینشتین و نظریهٔ کوانتوم ماکس پلانک؛ در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. استیون هاوکینگ در ۱۹۷٤ در یک اقدام نظری مخاطره‌آمیز عقیدهٔ تکان دهندهٔ جدیدی دربارهٔ سیاهچال‌ها پیشنهاد کرد که برای اولین بار اشاره بر این داشت که کوارک‌ها و الکترون‌ها واقعاً می‌توانند در قالب حدود یک قانون مستقل، و هر چند کاملاً پنهان فیزیک عمل کنند.

۶

سیاهچال‌های منفجرشونده

آزمایشگاه رادرفورد-اپلتن[1] به فاصلهٔ چند کیلومتری شاهراه شمارهٔ M۴ و حدود یک ساعت و نیم رانندگی به سوی غرب لندن در میان اراضی هموار خشک و لم‌یزرع جنوب آکسفورد قرار دارد. رادرفورد- اپلتن که در محوطه‌ای به وسعت چندین کیلومتر مربع در مجاورت هارول[2] ساخته شده است، همتای بریتانیایی آزمایشگاه ملی لوس‌آلاموس[3] در نزدیک سانتافهٔ نیومکزیکو[4] است.

گرچه دانشمندان در هر دو مکان تحقیقاتی اساسی در مورد ذرات فیزیکی، فیزیک نظری و انرژی انجام می‌دهند، اما لوس آلاموس و هارول اصولاً کارگاه‌های طراحی سلاح‌های هسته‌ای می‌باشند. به رغم موقعیت‌های جغرافیایی، این دو آزمایشگاه شباهت‌های زیادی دارند از جمله: حصارهای سیمی ظاهراً ناامن، نگهبانان میان‌سال خونسرد و تعداد معدودی نقاط بازرسی که همه مبیّن کار بسیار بااهمیتی است که در داخل ادامه دارد و در عین حال محیط تحقیق درون آنها هم به قسمی است که فیزیکدانان کار در آنجا را ترجیح می‌دهند.

1. Rutherford-Appleton Laboratory.
2. Harwell.
3. Los Alamos National Laboratory.
4. Santa Fe, New Mexico.

در زمستان ۱۹۷٤ هاوکینگ سفر کوتاهی از کمبریج به رادرفورد-اپلتن انجام داد. هدفش آن بود که مقاله‌ای ارائه دهد. او ماه‌ها روی آن مقاله زحمت کشیده بود و هنوز هم در روزی که قرار بود آن را به گروهی از دوستان فیزیکدان خود ارائه کند، مشغول تقلا بر روی آن بود. نام این مقاله «انفجارات سیاهچال؟» بود.

اگرچه هاوکینگ معمولاً به خود اطمینان داشت، اما نگران چگونگی استقبال از این مقاله بود. آنچه او مطرح می‌کرد اساساً اندیشهٔ تازه‌ای بود که اگر درست درمی‌آمد فیزیک نظری را به یک بازنگری اساسی ملزم می‌ساخت. علامت سئوال عنوان مقاله، بازتاب تردیدهای خود هاوکینگ بود. چنان که گویی اسحاق نیوتن به انتشار جزوهٔ موسوم به «آیا گرانی اجسام را به طرف پایین می‌کشاند؟» اطمینان کافی نداشته بود.

به رغم دلایل متقن هاوکینگ، حضار به طور دستجمعی علیه او موضع گرفتند. تالار سخنرانی انباشته از فیزیکدانان ذرات و تجربه گران شتابگرها بود. آنان قادر بودند مایهٔ هلاکت نظریه‌پردازان کیهان شناختی بشوند زیرا این نظریه‌پردازان بیشتر با معادلات ریاضی سر و کار داشته و از دستاوردهای عملی فیزیکدانان در آزمایشگاه به طور مستقیم بی بهره‌اند. یک یا دو فیزیکدان سلاح‌های هسته‌ای زهگذر نیز در جلسه حضور داشتند.

هاوکینگ شروع کرد. چراغ‌ها خاموش شد و اسلایدهای معادلاتش کم کم بر پرده افتادند. با ادامهٔ صحبت‌های هاوکینگ معلوم می‌شد که او به نتیجهٔ تکان‌دهنده‌ای در مورد سیاهچال‌ها رسیده است، اندیشه‌ای که با تفکر سنتی آن روز، کاملاً مغایرت داشت.

بیشتر فیزیکدانان به زحمت توانستند بحث هاوکینگ را پیگیری کنند. سئوالات معدودی مطرح شد و هاوکینگ به سرعت از مقالهٔ خود نتیجه گیری

کرد. با روشن شدن چراغ‌ها، جان تیلور[5]، رئیس جلسه، استاد ریاضیات دانشگاه لندن و نویسندهٔ کتاب‌های بسیار معروفی چون **سیاهچاله‌ها**[6] و **شکل اندیشه‌های آینده**[7] (تفکری در زمینهٔ روان‌شناسی تجربی) بلند شد و اظهار داشت «متأسفم استیون، اما این یک صحبت کاملاً مهمل است».

سرچشمه‌های مقالهٔ ارائه شدهٔ آن روز هاوکینگ در رادرفورد- اپلتن به کاری می‌رسید که نخست در ۱۹۷۰ برعهده گرفته بود. دو سال پیش از آن، در ۱۹۶۸، با کشف منابع رادیویی سریعاً تپندهٔ کیهان، علاقه به سیاهچاله‌ها به شدت بالا رفته بود. پس از مدتی سردرگمی اولیه در میان اخترفیزیکدانان دربارهٔ علت آنها، به طور کلی این طور تفسیر شد که منشاء آنها یعنی ستارگان نوترونی دارای سرعت چرخش زیادند، اجسامی که تقریباً هم جرم خورشیدند، اما شعاع آنها بیش از شانزده کیلومتر نیست.

آنها «ستارهٔ تپنده[8]» نامیده می‌شدند و به نظر می‌رسید که وجود ستارگان نوترونی را تأیید می‌کنند، ستارگان مضمحل شده‌ای که تقریباً به طور کلی از نوترون تشکیل شده و در هستهٔ اتمی بسیار متراکمی قرار داشتند و بنابراین چنان سنگین بودند که هر فنجان آنها چندین تن وزن داشت. ستارهٔ نوترونی سیاهچاله نیست، بلکه صرفاً ایستگاهی بین راهی، در مسیر یک سیاهچاله است؛ یعنی در روند تخریب هنگامی که گرانی ستاره بر فشار رو به بیرون کورهٔ هسته‌ای آن غلبه می‌کند، نوعی استراحتگاه به شمار می‌آید.

این تأیید آشکار بر وجود واقعی آنها نشان داد که نظریه‌های مربوط به چگونگی سیر اضمحلال ستارگان، الزاماً درست بود. در ۱۹۶۸ برای

5. John Taylor.
6. Black Holes.
7. *The Shape of Minds to Come.*
8. pulsar.

کیهان شناسان کار آسانی بود که بگویند «اگر ستارگان نوترون وجود دارند، پس چرا سیاهچال‌ها وجود نداشته باشند؟» سیاهچال، برخلاف ستارهٔ نوترونی، طبق تعریف نمی‌توانست هیچ گونه تشعشعی از خود خارج کند. تنها اثر آشکارش تأثیر گرانشی آن در مجاورت یک ستاره است. دلیل این موضوع هم در ۱۹۷۲ با کشف ماکیان ایکس ـ ۱، یک دستگاه دوتایی که هاوکینگ را به شرط بندی با کیپ تورن برانگیخت، پیدا شد.

سه سال قبل، در ۱۹۶۹، راجر پن رز تجربه‌ای فکری ابداع کرده بود که طبق آن یک سیاهچال بر ماده مجاور خود تأثیری بیش از تأثیر گرانشی محض داشت. او پیشنهاد کرد که اگر سیاهچال در حال دوران باشد از آن انرژی خارج می‌شود. این اندیشه «فوق تشعشع[9]» نامیده شد و مدعی بود که انواع معینی از امواج در مجاورت سیاهچال تقویت شده و به جای اینکه جذب سیاهچال چرخنده گردند به بیرون پرتاب می‌شوند.

اندیشهٔ تجربی پن رز همچنین اشاره بر این داشت که مقداری از انرژی چرخشی خود سیاهچال می‌تواند از آن خارج شود. این نخستین کوشش در راه نشان دادن این مطلب بود که سیاهچال نباید به صورت موجودیتی منحصر به خود و جدا از کل مادهٔ کیهان درنظر گرفته می‌شد. سیاهچال چرخنده می‌تواند طی فرایند موسوم به آفرینش زوج[10]، انرژی الکتریکی یا چرخشی از دست بدهد. عقیده براین بود که یک ذره و ضد ذرهٔ آن ــ مثلاً یک الکترون و ضد الکترون یا پوزیترون ــ درست در بیرون سیاهچال تشکیل می‌شود.

آن گاه، مثلاً الکترون بر اثر گرانی سیاهچال به درون آن کشیده می‌شود، اما پوزیترون می‌گریزد. درعمل، مقدار کوچکی از بار الکتریکی خود سیاهچال حذف می‌شود و جزء نچیزی از اندازهٔ حرکت زاویه‌ای ــ یا

9. superradiance.

10. pair creation.

چرخان ــ آن خارج می شود. [یعنی] سیاهچال عملاً انرژی از دست داده است، چیزی که قبلاً هرگز تصور آن هم ممکن نبود.

هاوکینگ در آن روزها دربارهٔ مرز پیرامون سیاهچال، یعنی نقطهٔ دقیقی که در آن نور می تواند به راستی از تأثیر نیرومند گرانش سیاهچال بگریزد، می اندیشید. این مرز «افق واقعه[11]» نامیده می شود و هر چه سیاهچال عظیم تر باشد سطح منطقه افق واقعه وسیع تر است.

افق واقعه را می توان به صورت نوعی غشای یک‌طرفه درنظر گرفت که در آن نور می تواند از بیرون نفوذ کند، اما هرگز نمی تواند از درون به بیرون برود. یک ناظر نشسته در داخل سیاهچال می تواند پرتوهای ورودی نور به داخل سیاهچال، که پیام رمزدار ارسالی از سفینه‌ای است که درست در آن سوی افق واقعه قرار دارد، را ببیند.

به هر حال، ناظر قادر خواهد بود که علامتی باز پس فرستد. نور یا موج رادیویی یا هر شکل دیگر انرژی از افق واقعه دورتر نخواهد رفت. فرماندهٔ سفینه‌ای که در انتظار دریافت پیام از فضانورد پیشاهنگ راهی شده به درون سیاهچال است تا ببیند که سیاهچال شبیه چیست؛ برای همیشه منتظر خواهد ماند.

افق واقعه، که موجب نومیدی فرماندهٔ سفینه و فضانورد پیشاهنگ خود می شود، تا حدودی برای فیزیکدانان نظری ایجاد یأس کمتری می‌کند. درواقع، برای هاوکینگ و سایر فیزیکدانان زمینی، برخی پیامدهای جذاب دربر دارد. یکی از آنها این اعتقاد است که هر گاه نور ــ یا هرچیز دیگر ــ به درون سیاهچال بیفتد برای ناظر بیرون سیاهچال نامرئی می شود. فیزیکدانان این اعتقاد مربوط به اطلاعات مفقوده را تا آنچه خود آن را برهان «سیاهچال ها مو ندارند[12]» می نامند، وسعت بخشیده‌اند.

11. event horizon.

12. «black holes have no hair».

این توضیح عجیب، که از نوع مورد پسند فیزیکدانان است، به سادگی بدین معناست که دو سیاهچال با جرم، بار الکتریکی و چرخش مشابه، صرف‌نظر از اینکه از چه ساخته شده باشند، برای ناظر بیرونی یکسان به نظر می‌آیند. حتی دو سیاهچال که یکی از ماده و دیگری از ضد ماده ساخته شده باشد، تشخیص ناپذیر خواهند بود؛ یعنی بیشتر ویژگی‌های فیزیکی سیاهچال برای همیشه نامشخص است.

در توجیه این ویژگی‌های نادیده، فیزیکدانان دریافتند، تا جائی که به شخص بیرون از سیاهچال مربوط می‌شود، اندازهٔ سطح منطقهٔ سیاهچال ــ به عبارت دیگر افق واقعهٔ آن ــ تنها ویژگی مهم آن است. این تنها خصوصیتی بود که توضیح آن با رقم واقعی و مفهوم امکان داشت، زیرا هرچیز دیگر دربارهٔ سیاهچال از دید پنهان بود.

اهمیت ویژهٔ اندازهٔ افق واقعه، یعنی جالب‌ترین جنبهٔ آن، در حوالی پایان سال ۱۹۷۰ ذهن هاوکینگ را به خود مشغول کرده بود. شبی، همچنان که به سوی رختخواب می‌رفت، فکری به خاطرش رسید؛ فکری چنان بدیهی که بقیهٔ شب را با دشواری خوابید. آن فکر به طور ساده این بود که: اندازهٔ افق واقعهٔ سیاهچال، یعنی منطقهٔ سطح آن، هرگز نمی‌تواند کاهش یابد. این مفهوم روشنی است که هر کس بدون کمک ریاضیات می‌تواند آن را بفهمد.

هاوکینگ بعداً در مورد پیدایش آن عقیده گفت: «خوب، انسان باید در جائی به عقیده‌ای برسد». روزهای بعد متعاقب آن شب بیداری، او و معدودی از همکارانش این اندیشه را از نظر ریاضی آزمایش کردند. به نظر رسید درست است.

هاوکینگ برای رسیدن به نتیجه‌گیری خود در مورد افق واقعهٔ سیاهچال، از عقاید مربوط به نسبیت عام استفاده کرده بود. تصور کنید

وضع فرمانده سفینه‌ای که فضانورد پیشاهنگ خود را برای مشاهده درون سیاهچال، به داخل آن می‌فرستد. فضانورد پیشاهنگ، که با ماشین کوچک خود از سفینهٔ مادر جدا شده است، مستقیماً به سیاهچال می‌رسد و سپس در افق واقعه می‌افتد. با فرض اینکه فضانورد یاد شده به بوتهٔ فراموشی سپرده نمی‌شود، به نظر فرمانده که در پل ارتباطی است، چنین می‌رسد که فضانورد پیشاهنگ با سرعتی آهسته و مارپیچی ــ و پایان‌ناپذیر ــ در اطراف سیاهچال به آن می‌رسد؛ سرعت ظاهری ماشین فضانورد، اگر سیاهچال در حال چرخش می‌بود، با سرعت چرخش آن ارتباط مستقیم می‌داشت. فرمانده، واقعاً هرگز ورود فضانورد پیشاهنگ خود را در افق واقعه نمی‌دید.

مقیاس‌های زمانی متفاوت به کمک یک حالت اغراق‌آمیز از انبساط زمان، یعنی مثل همان موردی که در فضاپیمای حرکت کننده با سرعت نور تجربه می‌شود، قابل توضیح‌اند. نزدیک افق واقعه، گرانش سیاهچال چنان عظیم است که تمام اجسام ــ از جمله فضانورد پیشتاز ــ را با سرعت شتابنده‌ای که به سرعت نور می‌رسد؛ به درون می‌کشاند.

به نظر فرمانده، که با کمال امنیت از سفینهٔ خود در خارج از میدان کشش گرانشی، ناظر صحنه است، چنین می‌آید که فضانورد با سرعت تصاعدی تدریجی حرکت می‌کند، درست همان طور که مسافر فضایی حرکت کننده با سرعت نور از نظر ناظر زمینی اصلاً پیر نمی‌شود. از این رو میزان کند شدن ماشین فضانورد پیشاهنگ به نظر فرمانده با قدرت کشش گرانی در افق واقعه، نسبت عکس دارد. هرچه سیاهچال عظیم‌تر ــ و گرانش بیشتر ــ باشد، شتاب منفی[13] ظاهری فضانورد پیشاهنگ از نظر فرمانده کمتر است. عکس قضیه نیز در مورد فضانورد پیشاهنگ

13. deceleration.

صادق است، یعنی هر چه سیاهچال بزرگتر باشد، او تصور می‌کند که با سرعت کندتری در درون افق واقعه حرکت می‌کند.

به نظر هاوکینگ اعتقاد نسبیت عام در مورد انبساط زمان، بدان معنی بود که اندازهٔ افق واقعه خود هرگز نمی‌توانست برای یک ناظر بیرونی کاهش یابد. این اعتقاد گام مهمی در تحقیقات نظری سیاهچال‌ها بود، زیرا برای نخستین بار محدودیتی کلی در رفتار همهٔ سیاهچال‌ها به وجود آورد: یعنی از وسعت یک افق واقعه نمی‌تواند کاسته شود، بلکه تنها به وسعتش افزوده می‌شود. پیش از این دیدگاه، چنین چیزی، به عنوان یک مرز ایستا، یا پویا برای سیاهچال وجود نداشت.

اندیشهٔ هاوکینگ در مورد یک افق واقعه کاهش‌ناپذیر نیز یک ارتباط مهم با مفهوم آنتروپی[۱۴]، که طبق تعریف با زمان نیز افزایش می‌یابد، برقرار کرد. مفهوم آنتروپی، یک نتیجهٔ منطقی از قانون دوم ترمودینامیک[۱۵]، حاکی است که مقدار انرژی موجود برای انجام یک کار فیزیکی، باید همیشه کاهش یابد. آنتروپی کلمه‌ای است که این «نامودمندی[۱۶]» تدریجی انرژی را همچنان که از نوعی به نوع دیگر،

۱۴. entropy، کهولت و مرحلهٔ نهایی تحلیل ماده و نیروی عالم وجود که در اصطلاح فیزیک واحد بی‌مقصدی، بی‌نظمی یا آشفتگی یک نظام است و به عنوان قاعده‌ای کلی برای عالم مادی مورد قبول است.

۱۵. «اصل ترمودینامیک یا اصل کارنو این است که ماشین‌های حرارتی (ماشین‌هائی که انرژی حرارتی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند؛ مثل ماشین بخار و موتورهای (انفجاری) فقط در صورتی کار می‌دهند که از منبع گرمی (مثلاً دیگ ماشین بخار) حرارت گرفته، قسمتی از آن را به منبع سردی (کندانسانور) پس بدهند. به موجب این اصل مهم، «تبدیل بالتمام حرارت به کار ممتنع است و بازده ماشین‌های حرارتی، همواره از ۱ کمتر می‌باشد.»، به نقل از ص ۶۳۳، ج اول، دایرةالمعارف فارسی، به سر پرستی غلامحسین مصاحب، مؤسسهٔ انتشارات فرانکلین، تهران، ۱۳۴۵.

16. inutility.

مثلاً از نوع الکتریکی به گرمایی، تبدیل می شود؛ تعریف کند.

شکلی از انرژی که مثل انرژی الکتریکی بسیار سودمنداست، آنتروپی پایینی دارد و انرژی‌ای مثل گرما با سودمندی[17] پایین‌تر دارای آنتروپی بالاست. انرژی با آنتروپی پایین، همیشه می تواند به انرژی با آنتروپی بالا تبدیل شود. بنابراین تبدیل الکتریسیته به گرما کار آسانی است. آنتروپی هرگز کاهش نمی یابد. آنتروپی همیشه به همان مفهوم که ناسودمندی انرژی زیاد می شود، افزایش می‌یابد. این در مورد هر دستگاهی ــ از اتومبیل گرفته تا کامپیوتر، ستاره یا کیهان ــ صادق است. چون اندازهٔ افق واقعهٔ یک سیاهچال نیز هرگز کاهش نمی یابد، منطقی بود که در مورد هر سیاهچال یک ارزش آنتروپی درنظر گرفته شود که بسیاری از ویژگی های فیزیکی آن را که درغیر اینصورت به طور دائم برای ناظران بیرونی نامرئی بود، توضیح می داد.

این، به هر حال به مشکل عمده‌ای منتهی شد، یعنی اینکه اگر برای هر سیاهچال یک ارزش آنتروپی درنظر گرفته می شد، آن گاه دمائی هم باید برای آن منظور می شد تا نمونهٔ ترمودینامیکی مؤثری به دست دهد. اما جسم دارای گرما باید تشعشع گرمایی داشته باشد، و سیاهچال ها طبق تعریف مرسومشان به هیچ وجه چیزی گسیل نمی دارند. این مسئله‌ای بود که هاوکینگ تا چند سال ــ یعنی تا هنگامی که مقالهٔ ارائه شده در آزمایشگاه رادرفورد- اپلتن را نوشت ــ نتوانست حل کند.

در این اثنا او از کار دربارهٔ سیاهچال ها دست نکشید. در ۱۹۷۰ مسلم دانست که مرگ یک ستاره تنها طریق به وجود آمدن سیاهچال ها نبود و دیگر اینکه، عالم می‌توانست میلیون ها سیاهچال داشته باشد که به هیچ وجه ازاضمحلال ستارگان به وجود نیامده بودند.

17. utility.

تا آن زمان، نظریه‌پردازان فکر می‌کردند که تنها میدان گرانشی به قدر کافی نیرومند که سیاهچال تشکیل می‌داد، نیروی گرانشی ستارهٔ مضمحل‌شونده‌ای بود که ده تا پانزده برابر خورشید جرم داشت. اما عامل ایجاد یک سیاهچال کوچک ــ مثلاً سیاهچالی با اندازهٔ هستهٔ اتم ــ چه بود؟ آیا گرانی می‌توانست هرنوع ماده، ستاره‌ای یا غیر از آن، را به آن اندازهٔ کوچک درآورد؟ از آنجا که گرانی در درون چیزی به کوچکی هستهٔ یک اتم تقریباً تأثیری ندارد؛ تصور آن هم مشکل بود.

اما هاوکینگ به نتیجهٔ نامنتظره‌ای دست یافت: اگر در مورد هر جسمی، حتی با جرم تنها یک یا دو کیلوگرم، فشار کافی به کار می‌رفت، آن جسم می‌توانست با تراکم عظیمی فشرده شود. در نقطه‌ای، هنگامی که مادهٔ جسم کوچکی مثل یک قطعهٔ فلز، به اندازهٔ کافی کوچک ــ مثلاً به اندازهٔ یک پروتون ــ فشرده شده است «خود گرانشی[۱۸]» ظهور می‌کرد و عمل فشردگی تا ظهور یک سیاهچال کوچک ادامه می‌یافت.

اما یک چنان نیروی عظیمی که آغازگر چنین فرایندی باشد، هیچ جا در روی زمین، یا برای چنان چیزی در عالم مرئی وجود ندارد. هاوکینگ دریافت که پاسخ در آغاز زمان نهفته است. تنها در آن زمان ماده‌ای که عالم از آن تشکیل یافت در چنان موقعیت مکانی و زمانی یکسان و تحت فشار کافی قرار گرفت که سیاهچال‌های کوچک را به وجود آورد.

هاوکینگ می‌دانست که در عالم کاملاً یکنواخت چنین چیزی هرگز نمی‌توانست رخ دهد. اما اگر بی‌نظمی‌هائی، از قبیل نواحی بسیار متراکم‌تری از دیگران، وجود می‌داشت؛ مناطقی با تراکم اضافی معین

18. self-gravitation.

می‌توانست مضمحل شده و به صورت سیاهچال‌هائی درآید. او حساب کرد که این مینی سیاهچال‌ها[19] می‌توانسته‌اند در نواحی فوق تراکم، از سوپ بسیار قوی اولیهٔ موجود در کسر ناچیز موهومی از زمان و به فاصلهٔ 10^{-20} ثانیه پس از **انفجار بزرگ** به وجود آمده باشند.

او اکنون می اندیشید که محتمل است، از این نقاط سیاه نیرومند ریز به تعداد بیلیون‌ها در عالم وجود داشته باشد. تصور هاوکینگ این است که فاصلهٔ آنها از یکدیگر می‌تواند به اندازهٔ فاصلهٔ زمین و سیارهٔ **پلوتو** باشد. و این بدان معناست که در مکعبی با بُعد یک سال نوری، صد میلیون سیاهچال در سرتاسر عالم وجود دارد.

پس از انتشار مقالهٔ هاوکینگ، فیزیکدانان از اندیشهٔ وجود این مینی سیاهچال‌ها استقبال کردند. آنان برای بسیاری از پدیده‌های نامنتظرهٔ پیشین پاسخ‌هائی عنوان کرده و احتمالاً به آن جرم مفقوده‌ای که اخترفیزیکدانان فکر می‌کردند ممکن است جائی در عالم مخفی شده باشد، دسترسی پیدا کردند. اخبار این اندیشه به سرعت در سرتاسر جامعهٔ فیزیکدانان جهان پخش شد.

هاوکینگ با برداشتن گام بعدی و بسیار دلیرانهٔ خود یعنی تعیین اینکه چیزی به خُردی یکی از این اجسام اولیه، می‌تواند مثل یک ذرهٔ اتمی، با مکانیک کوانتوم توضیح داده شود؛ به کار خود در مورد سیاهچال‌های کوچک ادامه داد.

در ۱۹۷۳ کـلاً تصور می‌شد که مکانیک کوانتوم و نسبیت عام سازش ناپذیرند. با این همه، هاوکینگ اندیشید که وقت آن است تا این امکان بوجود آید که بتوان سیاهچال‌ها را، که خود در نسبیت عام جنبهٔ کلیدی دارند، با تعابیر کوانتومی توضیح داد.

19. mini-black holes.

هاوکینگ سپس در همان سال، اندیشیدن در مورد رفتار مادهٔ در مجاورت سیاهچال‌ها (بزرگ یا کوچک) را شروع کرد و در پاییز به کورسوئی از اندیشهٔ تازه دست یافت. روزی همچنان که به محاسبات ریاضی خاص خود دربارهٔ سیاهچال‌ها می‌اندیشید، به کشفی چنان متناقض با عقاید پیشین خود دست یافت که مطمئن بود اشتباهی جدی مرتکب شده است.

هاوکینگ دریافته بود که سیاهچال‌ها، به رغم همهٔ قوانین شناخته شدهٔ فیزیک، جریان پایداری از ذرات گسیل می‌دارند. اما او هم مثل هر کس دیگر معتقد به این نظریه بود که سیاهچال‌ها نمی‌توانند چیزی گسیل بدارند مگر (احتمالاً) در هنگام چرخش. او سپس هفته‌ها وقت صرف آن کرد، تا نقص محاسباتش را پیدا کند.

آنچه هاوکینگ را متقاعد ساخت که سیاهچال‌ها قادرند ذرات را خارج کنند، کاربرد نظریهٔ کوانتوم در حاشیهٔ سیاهچال ــ دقیقاً در افق واقعه ــ بود. استدلال او آن بود که اصل عدم قطعیت، ستون فقرات مکانیک کوانتوم، می‌گوید که فضای تهی هرگز واقعاً تهی نیست. این فضا همیشه فعال و شلوغ است. جفت‌هائی از ذرات بنیادی مثل الکترون و متضادهای ضدمادی‌شان، یعنی پوزیترون‌ها، قبل از اتحاد و امحای یکدیگر در ظهور اندک پرتوهای مجهول، در کسری از ثانیه وجود دارند.

اگر چنین مبادله‌ای در افق مبادله صورت می‌گرفت، یکی از ذرات را می‌شد در تماس نیرومند گرانی اسیر کرد و به درون سیاهچال سرگردان ساخت به طوری که هرگز دیده نشده یا خبری از آن شنیده نشود. آنگاه ذرهٔ دیگر به جای الحاق و تباهی متقابل آزاد خواهد بود که به سوی بیرون بگریزد. برای ناظر چنین به نظر می‌آمد که گویی این ذرهٔ ثانوی از سیاهچال به بیرون پرتاب شده بود. (هر جسم بزرگتر، که از قواعدنسبیت

عام پیروی می‌کرد، از شرکت در یک مبادلهٔ کوانتومی از این نوع منع می‌شد).

در اواخر ۱۹۷۳، این اندیشه‌ای غریب و نامنتظره بود. هاوکینگ هنوز هم به دستاوردهای خود ایمان نداشت. او هفته‌ها صرف این مسئله کرد. سرانجام مطمئن شد که مسئله‌ای را که بر سر راهش قرار داشت حل کرده بود و آن هم این مسئله بود که انرژی لازم برای مبادلهٔ کوانتومی در افق واقعه از کجا می‌آمد؟ پاسخ، که هاوکینگ همواره نسبت به آن مشکوک بوده و سرانجام توانست با محاسبات ریاضی آن را نشان دهد؛ این بود که سیاهچال خود، با میدان گرانشی عظیمش، آن را تدارک می‌دید.

بنابراین محاسبات هاوکینگ نتیجهٔ بهت‌آور دیگری به وجود آورد: با انرژی‌ای که صرف خروج ذرات ــ یاتشعشع ــ می‌شد، سیاهچال خود با گذشت زمان تدریجاً تباه می‌گردید. در نهایت، هنگامی که میدان گرانشی آن چنان تلف شده بود که دیگر نمی‌توانست بر خود متکی باشد، سیاهچال منفجر شده و به صورت رگباری از پرتوهای گامای پرانرژی به اطراف پراکنده می‌شد.

سرنوشت همهٔ سیاهچال‌ها انفجار نبود. در حالت سیاهچال‌های بزرگ مثل آنهائی که مولود انفجار یک ستاره بودند یاسیاهچال‌های غول‌پیکر مورد تصور اخترشناسان در هسته‌های برخی کهکشان‌ها، فرآیند بخار شدن [سیاهچال‌ها] می‌تواند طولانی ــ و چندین برابر عمر عالم ــ باشد. در حالت سیاهچال دارای جرمی مثلاً برابر جرم خورشید، یا هر ستارهٔ با اندازهٔ متوسط دیگر، طرح هاوکینگ آن بود که تبخیر و انفجار نهایی زودتر از مدت 10^{66} سال بعد از تبدیل خورشید به سیاهچال به وقوع نمی‌پیوست. حتی با مقیاس‌های کیهانی هم این دورهٔ زمانی چنان طولانی است که بی‌معنی به نظر می‌رسد.

به هر حال، محاسبات هاوکینگ نشان داد که سیاهچال‌های کوچک می‌توانستند بسیار زودتر به حالت تبخیر درآمده و منفجر شوند ــ اگرچه حدود ده بیلیون سال عمر متوسط آنها زمان درازی است، اما از عمر عالم تا حدودی کمتر است. طبق محاسبهٔ هاوکینگ شعاع متوسط آنها 10^{-13} سانتیمتر و در حدود اندازهٔ شعاع پروتون و وزن آنها بیلیون‌ها تن بیش از وزن پروتون یا حدوداً به وزن کوه اورست بود.

خروج ذرات در افق واقعه بسیار عظیم بود. طبق محاسبهٔ هاوکینگ این مقدار برابر شش هزار مگاوات و تقریباً به اندازه بازده شش نیروگاه هسته‌ای بزرگ بود. اگرچه شرکت‌های برق نباید در فکر برنامه‌ریزی استفاده از یک سیاهچال کوچک به عنوان منبع نیرو باشند، اما اگر یکی از این سیاهچال‌های کوچک به سطح زمین آورده می‌شد وزن آن باعث می‌شد که مثل گلوله‌ای که از متکا عبور می‌کند از سیارهٔ زمین می‌گذشت.

مرحلهٔ پایانی تبخیر یکی از این سیاهچال‌های کوچک چنان به سرعت پیش می‌رفت که موجب انفجار عظیمی برابر با ده میلیون بمب هسته‌ای یک مگاتنی می‌شد. اینها محاسباتی بیهوده نبود، بلکه هاوکینگ یقین داشت که این محاسبات در عالم واقع، مفهومی واقعی داشتند. درواقع، او قادر بود نشان دهد که چطور نظریه‌اش دربارهٔ انفجار سیاهچال‌ها می‌توانست به طور تجربی ــ که در مورد هر نظریهٔ علمی جدید یک عامل حیاتی است ــ ثابت یا نفی شود.

از آنجا که دامنهٔ زندگی مینی سیاهچال‌ها نزدیک به عمر عالم بود، هاوکینگ عقیده داشت که برخی از آنها باید گاه به گاه و حدوداً در زمان فعلی منفجر شوند. این انفجارات مقادیر عظیمی از پرتوهای گامای پرانرژی را به بیرون می‌فرستد. هاوکینگ معتقد است که کشف این پرتوهای خروجی به کمک یک گردآور (کلکتور) بزرگ پرتوهای گاما در

مدار پیرامون زمین کار آسانی است. او پیشنهاد کرده است که سفینهٔ فضایی می‌تواند یک گردآور در مدار کار بگذارد و طبق برآورد وی شاید در هر مکعب سال نوری در هر قرن در انفجار سیاهچالی در گوشه‌ای ازعالم که متعلق به ماست رخ بدهد.

با این همه، هنگامی که او برای اولین بار به این نتیجه رسید، اندیشهٔ تبخیر و انفجار سیاهچال‌ها چنان غیرجدی بود که حتی خود هاوکینگ هم دستاوردهایش را مورد سئوال قرار داد. او هفته‌ها در کنار یافته‌هایش نشسته بود و محاسبات را در ذهن خود زیر و رو می‌کرد. این محاسبات خیلی خارق‌العاده و غریب بود. هیچ کس آنها را باور نمی‌کرد. درنتیجه، او می‌گفت: «یک سیاهچال هنگامی که تباه و منفجر می‌شود دیگر سیاهچال نیست». حتی برای هاوکینگ هم این مطلب گران بود.

تامس کوهن[20]، مورخ برجستهٔ علوم، در کتابش به نام **ساختار تحولات علمی**[21] خاطرنشان می‌سازد که پیروزی‌های علمی مهم به ندرت در ابتدای اعلام خود مورد قبول واقع می‌شوند. دانشمندی که پیروزی می‌آفریند ــ یک کوپرنیک، یک گالیله یا یک ویلیام هاروی ــ احتمالاً سالها ندیده گرفته شده یا حتی توسط عموم طرد می‌شود.

در اوایل ۱۹۷٤ هاوکینگ می‌ترسید که خودش هم به همین سرنوشت گرفتار شود. او می‌دانست که اگر عقایدش دربارهٔ انفجار سیاهچال‌ها درست باشد، انقلابی در اخترفیزیک به وجود خواهد آمد. اندیشهٔ سیاهچال‌های جامد کاملاً جا افتاد. اگر هاوکینگ در اشتباه می‌بود سال‌ها طول می‌کشید تا اعتبارش را بازیابد.

21. *The Structure of Scientific Revolutions.*

20. Taomas Kuhn.

بنابراین، او به انتظار ماند و محاسباتش را مرتباً در ذهن خود زیر و رو می‌کرد و فقط با معدودی از دوستان و همکاران نزدیک که مطلب را به بیرون درز نمی‌دادند دربارهٔ گسیل [تشعشع] از سیاهچال‌ها صحبت می‌کرد. پرسش همکاران هم دربارهٔ نتایج کار بیفایده بود. روزی مارتین ریس، نزد دنیس سیاما آمد و پرسید: «شنیده‌ای؟ استیون همه چیز را عوض کرده است».

طی آن روزها و هفته‌های ناباوری، سیاما به آرامی از هاوکینگ خواست که نتایج کار را اعلام کند. سرانجام سیاما پیروز شد و هاوکینگ تصمیم به آن سفر کوتاه رادرفورد- اپلتن گرفت. واکنش اولیه بدتر از آن چیزی بود که از آن می‌ترسید. آیا واقعاً او در اشتباه بود؟ هاوکینگ قدری متحیر ماند.

او ماه بعد نتایج کارهایش ر در نشریهٔ نیچر[۲۲]، هفته‌نامهٔ علمی معتبر بریتانیا، منتشر کرد. ظرف چند روز فیزیکدانان سراسر جهان در آن مورد صحبت می‌کردند. در هفته‌های بعد، سیاهچال‌های منفجرشونده از اندیشه‌های تازه‌ای بود که در کنفرانس‌های فیزیک بیش از همه دربارهٔ آنها صحبت می‌شد. چند تن از فیزیکدانان حتی نظریهٔ جدید را یکی از مهمترین دستاوردهای فیزیک نظری ــ پس از سال‌های ــ نامیدند. و سیاما، که همیشه مشوق هاوکینگ بود، مقاله را «یکی از زیباترین مقالات تاریخ فیزیک» نامید.

پویایی (دینامیک) سیاهچال که هاوکینگ کشف کرده بود، پیامدهای مهم بسیاری داشت. این پیامدها ــ برعکس ــ مشابه آنهائی بود که تصور می‌شد در خلال لحظهٔ متعاقب انفجار بزرگ رخ داده باشند. بنابراین، به نظر می‌آمد که گویی این نمونه می‌توانست به فیزیکدانان

22. *Nature.*

کمک کند تا چگونگی پیدایش ذرات زیراتمی و اثر متقابل ذرات را در خلال لحظات تکوین انفجاری درک کنند. مهمتر از این، با به کارگیری مکانیک کوانتوم در مورد سیاهچاله‌ها، هاوکینگ نخستین گام آزمایشی را به سوی یافتن اثر متقابل اولیه که می‌توانست مکانیک کوانتوم و نسبیت عام را ادغام کند، برداشته بود. وحدت این دو ــ به اصطلاح کوانتومی کردن گرانی ــ مشکل‌ترین مسئلهٔ فیزیک است.

از ۱۹۷٤ به بعد، دلایل ریاضی مبنی بر گسیل ذرات از سیاهچاله‌ها و انفجار آنها گردآوری و از سوی نظریه‌پردازان و با استفاده از راه‌های دستیابی متفاوت تأیید شده است. خود پدیدهٔ خروج ذرات از سیاهچاله به «تشعشع هاوکینگ» موسوم است و هر فیزیکدانی در هر جای دنیا، می‌تواند بگوید که دقیقاً معنای آن چیست.

۷

پرسش نهایی

در جهان هیچ چیزی دشوارتر از رؤیت یک سیاهچال نیست. انفجار بزرگ، که به هر حال، دیدگاه‌های بسیاری در اذهان فیزیکدانان ایجاد کرده است یک استثنا است. و در این اذهان، انفجار بزرگ بارها ــ در محاسبات بی‌شمار هزاران مغز ــ تنها برای مدتی بیش از یک ربع قرن تکرار شده است.

به نظر یک غیرفیزیکدان می‌تواند مسئله چنین باشد: در فضای تهی، چنان به طور مطلق تهی که هرگونه تصور انسانی را از تهی بودن به ریشخند می‌گیرد، نقطهٔ منفردی از پتانسیل خام ظاهر شد. و در همان لحظهٔ پیدایش آن، این نقطه که حاوی تمام ماده، تمام ابعاد، همهٔ انرژی و کل زمان بود منفجر گشته و محتویاتش را به اطراف پخش کرد.

و در لحظهٔ نخست، همهٔ ماده و تمام نیروها از یکدیگر تشخیص ناپذیر بودند. با انبساط و سرد شدن عالم، ماده و نیرو از هم جدا شدند و باز هر یک دوبار تجزیه شد. با این همه، عالم در نخستین بیلیونیم ثانیهٔ تاریخ خود به قطعه‌قطعه شدن ادامه داد. به زودی تمام اجزای تشکیل دهندهٔ ماده* ــ آنچه اینک کوارک و لپتون* می‌نامیم ــ با فرض اینکه هویت‌های

* لپتون‌ها گروهی از ذرات زیراتمیند که شامل الکترون، نوترون، تائو و موئون ــ همهٔ اجسام

مستقلی باشند، در طبقه‌بندی جداگانه‌ای قرار گرفتند که هرگز دوباره با یکدیگر الحاق نیافته‌اند.

نیروی مستقل سوق‌دهندهٔ این تغییر ناگهانی نیز پاره پاره شد و همچنان که کوارک‌ها و لپتون‌ها تشکیل شدند، نیروهای جدید هم تجزیه گشتند و ذرات متفاوت با نیروهای تازه تولد یافته برای همیشه عجین شدند. سه نوع از نیروهای تجزیه شده هنوز در درون اتم در حال کارند. پرقدرت‌ترین این نیروها نیروی پرتوانی است که اجزای تشکیل دهندهٔ هسته ــ کوارک‌هائی که پروتون‌ها را می‌سازند ــ را در کنار یکدیگر نگه می‌دارد. نیروی الکترومغناطیسی که الکترون‌ها ــ نوعی لپتون ــ را در مدار پیرامون هسته حفظ می‌کند، یک هزار بار از نیروی فوق، ضعیف‌تر است. این نیرو باعث می‌شود که اتم‌ها جامد به نظر آیند و نیز این نیرو مسئول امواج رادیویی و نورانی است.

نیروی یکصد بار ضعیف‌تر دیگر، نیروی ضعیفی است که با درهم شکستن تدریجی نوترون‌ها و اتم‌های معینی مثل اورانیوم، استحاله رادیواکتیو[1] را باعث می‌شود. تمام نیروها با بوزون‌های حامل[2] انتقال می‌یابند. بوزون‌ها ذرات ناقل نیروئی هستند که عمرشان کسری از ثانیه است و نیرو را به همان روش انتقال انرژی دربین افراد سوار بر گرجی‌های پارویی که توپ جادوئی[3] را عقب و جلو دربین خود پرتاب می‌کنند و در هر پرتاب توپ به جای اول باز می‌گردد؛ انتقال می‌دهند.

بوزون‌های حامل درست در کسری از زمان وجود دارند، اما نیروی خود

* موجود خارج از هسته که خود مرکب از نوترون و پروتون است ــ هستند و خود متشکل از کوارک‌هایند.

1. radioactive decay.

2. vector bosons.

۳. medicine ball، توپی سنگین و بزرگ برای تمرین.

را منتقل می‌کنند. گویی توپ جادوئی پرتاب شده در بین کرجی ها، بعد از هر بار گرفتن، ناپدید می شود. یک بوزون حامل موسوم به گلوئون[4] مسئول نیروی هسته ای پرقدرت است و یک فوتون، ذره‌ای بدون جرم که در بیرون از اتم، نور را تشکیل می دهد، عهده‌دار نیروی الکترومغناطیس بوزون است.

در مورد الکترومغناطیس و نیروی هسته‌ای پرقدرت، بوزون‌ها مثل توپ هائی که بین شعبده‌بازان پرتاب می شوند، رفتار می‌کنند؛ جابه‌جایی توپ ها ضمن مبادلهٔ انرژی در بین شعبده‌بازان، آنان را به هم مربوط نگه می دارد. سه ذره ــ دو ذرهٔ موسوم به W ویکی به نام Z ــ نیروی مسئول تباهی رادیواکتیو را انتقال می دهند. این ذرات نخست توسط گروهی به رهبری کارلو روبیا[5] در سرن[6] در ۱۹۸۳ کشف شد (سرن علامت اختصاری کلمات فرانسوی به معنای **شورای اروپایی تحقیقات هسته‌ای**[7] در ژنو است).

گرانش، ضعیف‌ترین و تنها نیروی شناخته شدهٔ دیگر در کارعالم در حدود 10^{38} بار از نیروی هسته‌ای نیرومند کم‌قدرت‌تر است. طبق نظریه، یک بوزون حاملِ هنوز نامکشوف، به نام گراویتون[8] عامل گرانش است؛ گرانش نیروئی است که در درون یک اتم اثر محسوسی ندارد زیرا فقط بر جرم زیاد تأثیر می‌گذارد.

تنها در خلال دههٔ گذشته نظریه های وحدت یافتهٔ بزرگ[9] جدید

4. gluon.

۵. Carlo Rubia ؛ برای اطلاعات بیشتر در مورد این دانشمند و ذرات مورد اشاره به شمارهٔ ۶ روز نهم فوریهٔ ۱۹۸۷ مجلهٔ تایم و همچنین کتاب: Gary Taubes اثر Nobel Dreams مراجعه شود.

6. CERN.

7. European Council for Nuclear Research.

کوشیده‌اند نشان بدهند که سه نیروی زیراتمی اجزاء تشکیل دهندهٔ یک اثر متقابل زمینه‌اند. هنوز هیچ یک از این نظریه‌ها گرانش را شامل نمی‌شود.

شلدون گلاشاو، یکی از برندگان مشترک جایزهٔ نوبل برای کار خود در مورد نظریه‌های وحدت یافتهٔ بزرگ، زمانی به من گفت: «وقتی که عالم بسیار بسیار داغ بود، به اعتقاد ما تمام نیروها ممکن است یکی بوده باشند. و آن نیروی زمینه، که ظاهراً نیروئی جادویی است، همان چیزی است که ما در صدد کشف آن هستیم».

هاوکینگ قبول دارد که «وحدت بخشیدن به این چهار نیرو در یک توضیح ریاضی تنها، بزرگترین تلاش کل علم است».

از هاوکینگ پرسیدم به نظر او این جست و جو چگونه باید انجام می‌شد و هدف شخصی خود او چه بود؟

او ناگهان به آرامی گفت: «هدف خود من روشن و عبارت از درک کامل عالم است، چرا عالم آن طوری است که هست و چرا اصلاً وجود دارد؟».

من با عجله این افکار را در یادداشتی نوشتم. وقتی که سر بلند کردم، هاوکینگ از خنده روده‌بر شده بود و چشمانش برق می‌زد.

او پرسید «آیا آن کلمات برایتان آشناست؟».

درواقع بعد از لحظهٔ کوتاهی به نظرم آشنا آمدند. یک سال جلوتر داستانی دربارهٔ هاوکینگ نوشته بودم که در یک مجلهٔ علمی مشهور امریکایی منتشر شده بود. در یک قسمت مهم اوایل داستان، آن کلمات از قول هاوکینگ که به هنگام دیدارم در یک سال پیشتر به من گفته بود، با دقت کامل نقل شده بود.

8. graviton. ◄

۹. منظور نظریه‌هائی است که دربارهٔ وحدت نیروها بحث می‌کنند.

هاوکینگ هنوز هم، مثل اغلب فیزیکدانان نظری، معتقد است که راز این اغفال کننده‌ترین اهداف در همان ابتدای عالم، یعنی دورهٔ مربوط به اولین تریلیونیم ثانیه بعد از آغاز انفجار بزرگ، نهفته است. در آنجاست که این چهار نیروئی که در عالم سرد و ثابت خود می‌بینیم، احتمالاً یکی بوده‌اند. این موضوع از روی بررسی رویدادهای مربوط به زمانی باورنکردنی یعنی هنگامی که عمر عالم به 10^{-33} یا 10^{-43} ثانیه می‌رسد؛ پیشنهاد شده است. اما هاوکینگ فکر می‌کند که باید مسائل را حتی از آن هم جلوتر ــ یعنی درواقع افزون بر مضربی از بیلیون، جلوتر برد.

هاوکینگ گفت «می‌خواهم دقیقاً بدانم که بین 10^{-33} و 10^{-43} ثانیه چه اتفاقی افتاد. در آنجاست که پاسخ نهایی مربوط به تمام پرسش‌های عالم ــ از جمله خود زندگی ــ قرار دارد.

[او می‌گوید:] «اندیشهٔ مرسوم (کلاسیک) زمان در جائی پیش از آن ــ جائی بین 10^{-33} و 10^{-43} ثانیه فرو می‌ریخت. من اخیراً مقاله‌ای نوشتم که اصولاً مربوط به وضعیت عالم در 10^{-33} ثانیه بود، اما علاقهٔ واقعی من چیزی فراسوی آن زمان است. فکر نمی‌کنم که در این نقطه، یک نمونه بسیار مشخص واقعاً وجود داشته باشد. به نظر می‌رسد که تاکنون هیچ چیز پاسخی به دست نداده است».

در هر توضیح مربوط به آغاز زمان تعدادی از محدودیت‌ها وجود دارد. اولین محدودیت آن است که هیچ کس شاهد قضیه نبود. هر نظریه‌ای که می‌خواهد انفجار بزرگ را توضیح دهد یک برون‌یابی[10] عظیمی است از روی مدارکی که امروزه، هنوز موجود می‌باشد. زمینهٔ تشعشع سرتاسر عالم، یکی از ارتباطات عمدهٔ انسان با آفرینش است. مثل زغال‌های پیدا شده در دل سنگ‌های جنگل، که دلیل نیرومندی بر وجود چیزی داغ در آنجا،

10. extrapolation.

پیش از این زمان است، تشعشع هم به فیزیکدانان نشان می‌دهد که در هنگام جدایی ماده و تشعشع از یکدیگر، عالم به چه چیز شباهت داشت. به دلیل اینکه تشعشع بسیار یکنواخت و فراگیر است معلوم می‌کند که نمونه‌های کیهان شناختی یک عالم همگن ــ یا یکنواخت (ایزوتروپیک) ــ الزاماً صحت دارند. دلیل الزامی دیگری که کیهان‌شناسان باید با آن درآمیزند وجود نسبت ۷۵ به ۲۵ هیدروژن- هلیوم فعلی است. هاوکینگ و بیشتر فیزیکدانان فکر می‌کنند که این نسبت هنگامی به وجود آمد که از عمر عالم چند دقیقه‌ای نگذشته بود.

از هاوکینگ پرسیدم، فیزیکدانان از کجا اطمینان دارند که آنان سرانجام توانسته باشند اولین لحظات عمر عالم را حدس بزنند؟ آیا امکان ندارد که کیهان‌شناسان دوران‌های[11] کاملی را در گسترش عالم ندیده گرفته باشند، یا جداً مشاهدات بنیادی را بد تفسیر کنند؟

او گفت: خوب محتمل است. اما به خاطر داشته باشید که ما می‌توانیم همیشه با تلسکوپ‌های خود و با نگریستن به فاصله‌های دورتر در فضا، در زمان به عقب بنگریم. هرچه در فضا به نقاط دورتر بنگریم به آغاز [زمان] نزدیکتر می‌شویم.

از هاوکینگ پرسیدم: «اما این به معنای این فرض نیست که همهٔ چیزهای آنجا و اینجا یکنواخت است و به طریق یکنواختی عمل می‌کند؟»

گفت: «چرا همین طور است».

پرسیدم: «و آیا بدان معنی نیست که ما معتقدیم قوانین طبیعی که در زمان خود کشف کرده‌ایم، همیشه در عالم دخالت داشته‌اند؟»

گفت: «همین طور است».

پرسیدم: «آیا دانشمندان در ارائه این فرضیات نوعی اعمال نظر که

11. era.

بیشتر متافیزیکی است و نه علمی انجام نمی دهند؟»

پاسخ داد: «در کاوش مربوط به آغاز عالم، پاره‌ای از فرضیات نیرومند ارائه می شود، اما بیشتر واقعیات ــ از قبیل تشعشع زمینه ــ ظاهراً آنها را از میدان به در می‌کنند. و تاکنون هیچ دلیلی به هیچ طریق موجهی که حاکی از نادرست بودن محاسبات ما باشد، به دست نیامده است».

درواقع، مشاهدات در فضا و درون شتابگرهای نیرومند، در سفر به درون زمان، سناریوی منطقی درخور اهمیتی را به وجود آورده‌اند. در این سفر، چندین ایستگاه مهم و نقاط بااهمیت ویژه وجود دارند که نظریه‌پردازان مایل‌اند رویدادها را در آنجا به تفصیل مورد دقت قرار دهند.

نخستین این موارد مربوط به زمانی است که عالم یک بیلیون سال عمر داشت. به اعتقاد اخترفیزیکدانان تشکیل اخترنماها ــ که اینک تصور می‌شود دورترین اجسام آسمانی هستند ــ در همان هنگام شروع شد. چگونگی تشکیل آنها هنوز هم یکی از عناوین اصلی کنفرانس‌های کیهان‌شناسی روز است. اما به طور کلی این توافق وجود دارد که تقریباً در همین هنگام تشکیل سیمای آشنای عالم، یعنی وجود نقاطی روشن در آسمانی سیاه، شروع شد.

توقفگاه بعدی در بیش از ده بیلیون سال پیش و در جائی است که از عمر عالم فقط ۵۰۰/۰۰۰ سال می‌گذشت. در آن زمان بود که ذرات بنیادی برای تشکیل اتم به یکدیگر پیوستند. قبل از آن، عالم داغ‌تر از آن بود که الکترون در مدار کوانتومی پیرامون هسته قرار گیرد و کیهان، دریای جوشانی از الکترون‌ها و هسته‌های آزاد بود.

فیزیکدانان می‌توانند این نقطه را معین کنند، زیرا دقیقاً می‌دانند که چقدر نیروی الکترومغناطیس لازم است تا یک الکترون را به هستهٔ هر اتم یک عنصر متصل کند. تنها کافی است که این نیرو را به دمای معادل آن

تبدیل کنند و ببینند که عالم سرد شونده در چه نقطه‌ای از آن مرحله می‌گذرد. پاسخ، رقم نیم میلیون سال است.

به نظر هاوکینگ «هنگامی که تشکیل اتم‌ها شروع شده بود، آن گاه ماده می‌توانست به صورت کهکشان‌ها و ستارگان متراکم شود و گرانی می‌توانست ایفای نقش مهمی را در گسترش عالم آغاز کند». همچنین در همین مرحله است که نور توانست سفر در عالم را شروع کند.

توقفگاه بعدی در سفر به عقب، در حدود صد هزار سالگی [عمر عالم] است. دو جزء تشکیل دهندهٔ اصلی درعالم عبارتند از ماده، که کهکشان‌ها، ستارگان، سیارات و مردم را می‌سازد و تشعشع، که زمینهٔ ریزموج را تشکیل می‌دهد. امروزه زمینهٔ تشعشع و ماده تقریباً با یکدیگر اثر متقابلی ندارند.

با این همه در عمر اولیهٔ عالم ــ هنگامی که تراکم و دما بسیار بزرگتر از حال بود ــ ماده و تشعشع به نحوی نیرومند، متقابلاً تأثیر کردند. نظریه‌پردازان معتقدند که فوتون‌های زمینهٔ ریزموج، درواقع، با پروتون‌ها، نوترون‌ها و الکترون هائی که ماده را می‌سازند همراه بودند. با سرد شدن عالم، تشعشع وماده از یکدیگر جدا شدند. این قضیه بعد از هزار سال رخ داد. زمینهٔ زیرموج، که توسط آرنولد پنزئاس و رابرت ویلسن در ۱۹۶۴ کشف شد، یکی ازبقایای تشعشع سریع جدا شده از ماده است.

توقفگاه بعدی این سفر قهقرایی برای نظریه‌پردازان، در نخستین دوره تکامل عالم یعنی در حدود سه دقیقه بعد از زمان صفر است. هاوکینگ گفت: «این نقطهٔ مهمی است. پیش از آن سه دقیقه، عالم داغ‌تر از آن بود که امکان الحاق پروتون‌ها ونوترون‌ها در هسته مقدور باشد. در این سه دقیقه است که ناگزیریم به آن نیروی پرقدرت، با دقت بسیار بنگریم».

اگر در خلال سه دقیقهٔ نخست، الحاق پروتون و نوترون رخ می‌داد،

تصادمات فوتون های تشعشع زمینه با ذرات بنیادی دیگر، موجب افتراق آنها می‌شد. اما بعد از سه دقیقه، اجزای عالم به قدر کافی سرد شده بودند که نیروی پرقدرت بتواند یک پروتون و یک نوترون یا یک پروتون و دو نوترون را برای تشکیل هستهٔ هیدروژن سنگین، به طرف خود بکشاند.

تقریباً در همان زمان هسته‌های هلیوم از یک جفت پروتون و یک یا دو نوترون به وجود آمدند و در آن هنگام بود که نسبت ۷۵ به ۲۵ هیدروژن- هلیوم موجود امروزی تثبیت شد. هسته های معدودی عناصر سبک دیگر هم در همان سه دقیقه تشکیل شدند، اما بعد از گذشت میلیون‌ها سال بعد بود که تشکیل عناصر سنگین مثل آهن و طلا در کوره‌های ستارگان آغاز شد.

تصویر آن سه دقیقه، کاملاً روشن است. تأثیرات متقابل نیروی پرقدرت غالب، به خوبی قابل درک است. حتی شتابگرهای متوسط هم می توانند اوضاعی به وجود آورند که کاملاً شبیه اوضاع آن زمان باشد.

با ادامهٔ شمارش معکوس در خلال این سه دقیقه، معلوم می شود که عالم اصولاً در یک حالت سرد شدن بوده است. تقریباً یک صدم ثانیه بعد از زمان صفر، عالم چنان داغ است ــ در حدود ۲۰۰ بیلیون درجه سانتیگراد ــ که صدها نوع ذرات بنیادی متولد و در انرژی تولیدی در تصادمات با یکدیگر تباه می شوند. به مفهومی دیگر، این مبدأ یک‌صدم ثانیه واجد اهمیت است. فیزیکدانان نسبتاً یقین دارند که آنان در سفر قهقرایی خود به این نقطه، به واقعیات درستی دست یافته‌اند.

هاوکینگ گفت: «سناریو روشن است. در مورد مبدأ یک‌صدم ثانیه اختلاف نظر چندانی نیست».

ازاین نقطه به سمت پیشتر، کیهان‌شناسان در جست‌وجویشان برای تاریخ مفقودهٔ عالم مجبور شده‌اند به کار فیزیکدانان ذرات، که شتابگرهایشان هنوز کاملاً می توانند اوضاعی مشابه را در روی زمین ایجاد

کنند، متکی شوند. به عبارت دیگر، حتی شتابگرهای متوسط هم می‌توانند با انرژی عالم در این نقطه برابری کنند.

بین یک ده‌هزارم (10^{-4}) و یک میلیونیم (10^{-6}) ثانیهٔ اول، مبدأ دیگری وجود دارد. آن‌گاه با ترکیب کوارک‌ها به صورت گروه‌های سه‌تایی و تشکیل نوترون‌ها و پروتون‌ها اجزاء تشکیل‌دهندهٔ اصلی ماده به وجود آمدند. پیش از این عالم به صورت سوپ جوشانی از کوارک‌ها و بسیار پرانرژی‌تر و متراکم‌تر از آن بود که تشکیل هسته‌ها صورت گیرد.

فیزیکدانان برای غلبه بر مشکلات نظری اساسی در این نقطه، عملاً اندیشهٔ «سوپ کوارک» را به کار می‌گیرند. در زمان 10^{-4} ثانیه تراکم عالم چنان بسیار است که مقدار فضای بین تمام پروتون‌ها و نوترون‌ها به کوچکی اندازهٔ یکی از خود این ذرات است. این فاصلهٔ تا حدودی بسیار نزدیک برای راحتی فیزیکدانانی است که مجبور بوده‌اند دربارهٔ رفتار ذرات زیراتمی، در صورت به حساب آوردن آنها برای چنین تراکمی، توضیح تازه‌ای بنویسند.

از بحث بلند آنان، یکی از ویژگی‌های نیروی پرقدرت، که عامل نگهداری هسته‌ها در کنار یکدیگر در درون هستهٔ اتم به شمار می‌آید، آن است که این نیرو متناسب با فاصلهٔ زیاد می‌شود. هرچه فاصله کمتر باشد، نیرو کمتر است. این موضوع در مورد پروتون‌ها و نوترون‌ها و کوارک‌های سازندهٔ آنها صادق است.

بنابراین، فیزیکدانان نمونه‌هائی را بسط داده‌اند که در آنها کیهان اولیهٔ پرتراکم، مخلوطی است از ذرات آشکارا مجزا ــ به اصطلاح نمونهٔ سوپ کوارک ــ که تأثیر متقابلی بر یکدیگر ندارند. طبق این نمونه با پیشروی به سوی زمان صفر دما به سادگی بالا و بالاتر می‌رود. اگر این

12. nucleons.

نمونه صحیح باشد، بدان معنی خواهد بود که افزایش دما تا دیوار پلانک ــ نقطه‌ای در زمان $۱۰^{-۴۳}$ ثانیهٔ عمر عالم ــ و فرسوی آنچه محاسبات فیزیکدانان مصداق دارد، ادامه می یابد.

نمونه های دیگر، آنچه را انفجار بزرگ سرد نامیده می شود، پیش بینی می‌کنند. این بدان معنی نیست که عالم در یک انفجار سرد شروع شد، بلکه به مفهوم انبساطی از فضاست که ضرورتاً در آغاز، داغ‌تر از زمان یک تریلیونیم ثانیهٔ بعدی نبود. در این نوع نمونه ها، شمول کوارک ها ضرورتی ندارد. درعوض مدافعان مدعی هستند که با پیش رفتن به سوی آغاز عالم تعداد ذرات بنیادی بدون هیچ محدودیت ظاهری افزایش می یابد.

این، همانند یک پارادوکس به نظر می رسد. عالم از نظر تاریخی همیشه سرد شده است. امروزه هم در حال سرد شدن است. بنابراین، همچنان که بیشتر و بیشتر در زمان به عقب می نگریم، عالم باید داغ‌تر و داغ‌تر باشد تا درست به لحظهٔ انفراد آغاز آن برسیم.

به هر حال، این نمونه ها مدعی هستند که اولین انرژی بنیادی عالم، صرف ایجاد تعداد فزاینده از ذراتی شد که کم کم بزرگتر می شدند، بنابراین درست در آغاز عالم با یک انفجار بزرگ نسبتاً سرد مواجهیم. نمونهٔ سوپ کوارک معمولاً در میان نظریه‌پردازان در مقایسه با انفجار بزرگ سرد، از اقبال عمومی بیشتری برخوردار است، هرچند به طوری که هاوکینگ با اشاره‌ای می‌گوید: «اندیشه های نظریه پردازان می تواند تغییر کند ــ و در بسیاری از اوقات هم تغییر می‌کند».

عالم طی نخستین $۱۰^{-۱۱}$ ثانیه بعد از تولد خود، به اندازهٔ منظومهٔ شمسی ما بزرگ شده بود، این یک انبساط بسیار بزرگ انرژی عظیم بود. با این همه، بزرگترین شتابگرهای روی زمین، در تصادمات مربوط به معدودی پروتون و ضدپروتون، می توانند سطح گرما یا انرژی عالم را در

هنگامی که عمرش به یک میلیونیم ثانیه رسیده بود، بازسازی کنند.

در زمان مذکور، فیزیکدانان با یکی از مهمترین نقاط مواجهند. در آنجاست که نظریه‌پردازان نخست در پی وحدت چهار نیروی پراکندهٔ فعلی عالم ما برمی‌آیند. طبق نظریهٔ پرداختهٔ گلاشاو، استیون واینبرگ و عبدالسلام، نیروی الکترومغناطیسی که لپتون‌ها را مهار می‌کند و نیروی ضعیف عامل تباهی رادیواکتیو؛ هر دو یکی بوده‌اند.

هاوکینگ گفت: «اگر این محاسبات درست باشد، پس در زمان پیش از 10^{-10} [ثانیه] فقط سه نیرو در عالم وجود داشته است. یعنی نیروی توأم الکترومغناطیس و نیروی ضعیف [رادیواکتیو]، نیروی هسته‌ای پرقدرت، و گرانی. این بدان معناست که برای هر چیزی که امروزه در عالم می‌بینیم، سرچشمهٔ مشترکی وجود داشت».

نظریهٔ وحدت‌یافتهٔ واینبرگ، گلاشاو، و عبدالسلام را می‌توان در شتابدهنده‌های بسیار عظیم روی زمین، آزمایش کرد. در ۱۹۸۲ و ۱۹۸۳ گروهی به سر پرستی کارلو روبیا، برخورد گر[13] پروتون- نوترون عظیمی را در سرن نزدیک ژنو، سویس به کار برد تا ذرات W و Z را با چنان ویژگی‌های دقیق پیش‌بینی شده در نظریهٔ وحدت یافته، تولید کند.

در زمانی که گروه روبیا مشغول درآوردن اولین ذرات بود، من از سرن بازدید کردم. سطح انرژی تولید شده در شتابگر ــ معمولاً پرقدرت‌ترین شتابگر روی زمین ــ بیش از ۱۰۰ بیلیون الکترون ولت، یعنی برابر دمای ۱۰۰۰ تریلیون (10^{15}) درجه بود. این تقریباً همان دمای عالم در سن 10^{-12} ثانیه است.

همچنان که علائم، وجود ذرات سنگین در پایانه‌های کامپیوتر اتاق کنترل سرن معلوم می‌شد، هیجانی محسوس و مسری همه را فراگرفت.

13. collider.

روبیا به من گفت: «سال‌ها است که در پی این موجودات کوچک بوده‌ایم. آنها برآنند که دقیقاً در دام کارگذاشتهٔ ما ظهور کنند. اگر آنها همان چیزهائی باشند که ما فکر می‌کنیم، این رویداد مهمی برای فیزیک تجربی خواهد بود».

همچنان که آنها [تجربه‌گران] در سفر قهقرایی خود پیگیرند، نظریه‌پردازان هم به راه خود از آن نقطه به بعد ادامه می‌دهند. اگرچه شتابگرهای عظیم‌تر در دست ساخت است، اما در حال حاضر، هرگز چیزی ساخته نمی‌شود که بتواند نزدیک به برابری با دماهای آغاز عالم باشد و تحقق تفکر نظری هم بیش از این برای تجربه‌گران مقدور نخواهد بود.

در زمـــان 10^{-20} ثانیـــهٔ [عمر عالم] به جائی می‌رسیم که به نظر هاوکینگ ممکن است در آنجا سیاهچال‌های کوچک تشکیل شده باشند. در این مینی- سیاهچال‌ها، که هاوکینگ معتقد است، اینک کل عالم را فراگرفته‌اند؛ فیزیکدانان باید، برای اولین بار بر آن شوند تا مکانیک کوانتوم را با تعابیر گرانی، مورد توجه قرار دهند.

هاوکینگ گفت: «نمی‌تواند تعداد زیادی از آنها وجود داشته باشد، در غیر اینصورت پرتوهای گامای بسیاری می‌دیدیم ــ در حالی که نمی‌بینیم. در کهکشان ما فاصلهٔ آنها از یکدیگر نمی‌تواند از فاصلهٔ زمین وپلوتو کمتر باشد. علاوه براین، اثر گرانشی کهکشان به معنای آن می‌بود که تراکم سیاهچال‌های کوچک در درون کهکشان، بیش از بیرون آن است».

در زمـــان 10^{-32} ثانیهٔ عمر عالم اندازهٔ سیاهچال فقط در حدود اندازهٔ یک توپ بیس‌بال و دمایش 10^{27} درجه کلوین بوده است. اندکی جلوتر ــ در زمان 10^{-35} ثانیه ــ آخرین توقف در این مسیر قهقرایی است که

فیزیکدانان دربارهٔ صحت اندیشه‌هایشان نسبت به سرگذشت ابتدای عالم، نوعی اعتماد پیدا می‌کنند. این کسر ثانیهٔ پس از انفراد، یک تریلیون بار کمتر از زمانی است که نور از یک پروتون عبور می‌کند.

فیزیکدانان معتقد به نظریهٔ وحدت یافتهٔ بزرگ بر این باورند که در زمان 10^{-35} ثانیه، نیروی پرقدرت و دو نیروی زیراتمی دیگر ــ یعنی نیروی الکترومغناطیس و نیروی ضعیف ــ یکی بوده‌اند. این نظریه‌های وحدت یافتهٔ بزرگ سعی دارند توضیح دهند که در این لحظهٔ تاریخ کیهان، عالم شبیه به چه بود. اندازهٔ عالم برابر 10^{-24} سانتیمتر و انرژی خالص آن درست در شروع آن است تا به صورت ذراتی نقطه‌ای مثل کوارک‌ها و لپتون‌ها متراکم شوند. مقدار ماده و ضدماده تقریباً برابر است.

دیوار زمانی پلانک در زمان 10^{-43} فرا می‌رسد. در این نقطه درتوانایی فیزیکدانان برای توضیح فضا، زمان یا ماده شکستی بنیادی وجود دارد. این طور فرض می‌شود که گرانی، از وحدت با نیروی واحد موجود در لحظهٔ انفجار بزرگ تازه رها شده است. اما هیچ کس یقین ندارد، زیرا در مورد گرانی رفتار کوانتومی وجود ندارد.

برای عبور از دیوار پلانک، به نفع فیزیکدانان می‌بود که بدانند آیا گوت‌های گوناگون واقعاً در مسیر وجود دارند یا خیر. به هر حال، برای آزمایش آنها در شتابگرهای روی زمین، طریق معینی وجود ندارد. سطوح انرژی در این زمان از تاریخ کیهان چنان بالاست که هرگز قابل بازسازی نیست، بنابراین باید روش‌های تجربی جدید گسترش یابد.

هاوکینگ گفت: «اگر گوت‌ها صحت دارند، پس همهٔ آنچه باقی می‌ماند گرانی است. اما من کاملاً مطمئن نیستم که نمونهٔ گوت‌ها صحیح باشد».

او گفت: «و همان طور که می‌دانید، نمونهٔ معیار (استاندارد) انفجار

بزرگ با مشکلاتی جدی مواجه است. و گوت‌های گوناگون ضرورتاً تصویری منطقی ارائه نمی‌کنند».

در یک مورد، مسئلهٔ دیرپای تکریختی مغناطیسی[۱۴] وجود دارد. تکریختی مغناطیسی ذره‌ای اغفال‌کنندهاست که طبق غالب تعابیر پیش‌بینی گوت‌ها باید در لحظه‌ای درست در این طرف دیوار پلانک در فضا به رقص درآمده باشند. نظریه‌هائی که پیدایش و استیلای ماده را توضیح می‌دهند نیز به این تکریختی‌ها منجر شده‌اند. این تکریختی‌ها قطبهای آزاد مغناطیسی هستند که به قطب شمال یا جنوب یک مغناطیس موجود شباهت دارند.

بلاس کابررا[۱۵]، یک فیزیکدان دانشگاه استانفورد، مدعی است به دلایلی دست یافته است که بر آن اساس این تکریختی‌ها ــ نوع به کلّی جدید ماده ــ واقعاً در حال حاضر وجود دارند. این داوران هنوز کار کابررا را تأیید نمی‌کنند.

نگرانی دیگر این است که تشعشع زمینهٔ ریزموج بسیار یکنواخت است. اگر تشعشع واقعاً در هنگام جدایی از ماده در عمر کیهانی حدود یکصد هزار سالگی آزاد شد، پس این همگنی سراسری بخش‌های مختلف عالم چطور توضیح داده می‌شود. در آن نقطه از تاریخ عالم باید قبلاً قطعاتی از آسمان به فاصلهٔ میلیون‌ها سال نوری از فضا جدا شده باشند. در یک چنین فاصله‌ای احتمال هیچ گونه تبادل انرژی وجود نداشت. بنابراین، چرا دمای زمینهٔ یکنواختی در همه جا کشف شده است؟

و هنوز در زمان $۱۰^{-۴۳}$ [ثانیه] دیوار [پلانک] وجود دارد. امیدی فوری برای دستیابی به این آخرین مرز موجود نیست، مرزی که ممکن است در فراسوی آن عالمی وجود داشته باشد که از شدت سادگی، بی نیاز از توضیح

14. magnetic monopole. 15. Blas Cabrera.

باشد.

هاوکینگ گفت: «در آن نقطه، میدان گرانشی چنان نیرومند شده است که باید اثرات کوانتومی ــ طبق تعریف ــ به حساب آورده شوند. اگر می‌خواهیم بدانیم که عالم چطور آغاز شد، باید بدانیم که گرانش و مکانیک کوانتوم چگونه ادغام می‌شوند».

«زمان پلانک معرف ناتوانی ما در توضیح فضا و زمان در نظریهٔ نسبیت مرسوم (کلاسیک) است. و این بدان دلیل است که ما نمی‌دانیم گرانش را چطور کوانتیزه کنیم».

به یک معنی، نظریه‌پردازان تا دیوار پلانک پیش رفته، اما از آن نگذشته‌اند، زیرا توانسته‌اند معادلات‌شان را به طریقی سرهم‌بندی کنند که آنان را تا نقاط بحرانی زمان در گسترش عالم برساند. این در زمان 10^{-4} ثانیهٔ عمر عالم اتفاق افتاد؛ این زمانی است که طبق قرار برای صرف‌نظر کردن از تأثیرات متقابل بین پروتون‌ها و نوترون‌های متراکم، بسیار خوب بود.

دیوار پلانک نکتهٔ اساسی و اصلی عالم است: مانع دیگری برای معادلات وجود نخواهد داشت و در فراسوی آن نمی‌توان از فراز نقاط بسیار پیچیده و آنها که درکشان مبهم است، پرید. این جائی است که تمام محاسبات شما و کل تفکرتان باید به صورت روشن‌ترین جملهٔ تاریخ بشری دربارهٔ کیهان، پیش از آنکه بدانید چطور شروع شد، متجلی شود. و باز هم ممکن است دقیقاً ندانید.

۸

حباب یا انفجار

انفجار بزرگ برای نسلی از فیزیکدانان اساس کار آفرینش عالم بوده است. اما اگر اینک به یک کنفرانس کیهان‌شناسی بروید، چیزی غیر از صحبت درباب حباب ها و جهان در حال انبساط نمی شنوید.

نظریه‌پردازان هرگز با برخی از عوامل ساختگی سناریوی انفجار بزرگ که در مورد یک انفجار ناگهانی که در آن ماده و نیروها متولد شده و برای تشکیل عالمی که هنوز هم به انبساطش ادامه می دهد، در تمام جهات پراکنده شده باشند؛ چندان راحت نبوده‌اند. انفراد آغاز کار، باعث دردسر برخی است و برای بسیاری انفجار بزرگ به اندازهٔ کافی، یکنواختی تشعشع زمینه را توضیح نمی دهد. آنان می اندیشند که گویی بمبی منفجر شده و قطعاتش در فضائی کامل پراکنده می شود. انفجار بزرگ همچنین در مورد ماهیت فضای عالم، به جای اینکه آن را به سطح کره‌ای که همواری خود عالم را توضیح دهد، تشبیه کند به سادگی فرض می‌کند که به سطح هموار روی یک میز شبیه است.

هاوکینگ خاطرنشان می سازد که: «اندیشهٔ اینکه آغاز عالم همچون [انبساط] حباب بوده است برای بسیاری از این مسائل راه‌حل روشنی ارائه می‌کند». نظریهٔ حباب که سرچشمه‌اش به سال ۱۹۸۱ می رسد، بسیاری

از معایب **انفجار بزرگ** را برطرف می‌کند، در حالی که طبیعتاً مشکلات دیگری به‌وجود می‌آورد. اندیشهٔ اصلی این نظریه آن است که نه یک عالم، بلکه چندین عالم از حباب‌هائی که مثل بادکنک در فضای تهی متورم می‌شدند؛ منبعث شد. در همان آغاز کار، مخلوطی نامتجانس از نقاط انرژی‌دار وجود داشت که دمای هر یک بیش از یک تریلیون کادر بلیون بود. این نقاط به دلیل گرمایشان چنان به سرعت گسترش یافتند که به زودی گرمایشان را از دست دادند. آن گاه به نحوی خارق‌العاده سرد[1] شدند.

این در زمانی بعد از مانع پلانک در $۱۰^{-۴۳}$ ثانیه و هنگامی که گرانی قبلاً از آن سه نیروی کوانتومی جدا شده است، رخ می‌دهد. نواحی با سردی خارق‌العاده که سیدنی کولمن[2] فیزیکدان هاروارد آنها را «خلاء کاذب» می‌نامد ویژگی مخصوصی دارند که به آنها امکان می‌دهد انرژی را از میدان گرانشی اطراف خود بگیرند. تقریباً $۱۰^{-۳۵}$ ثانیه بعد از آغاز فرآیند، نواحی با سردی خارق‌العاده مقدار عظیمی انرژی کسب می‌کنند که شاید حرکتی از گرانی منفی ایجاد کنند و به‌صورت حباب‌هائی متلاشی شوند که مقدر است هر یک خود به عالمی تبدیل شوند.

«خلاء کاذب» کلید این معناست. این خلاء مثل آبی بوده است که در زیر نقطهٔ انجماد کاملاً منجمد شده است. آب در آن حالت درست برای لحظه‌ای پیش از تبلور و تبدیل سریع به یخ می‌تواند به صورت مایع وجود داشته باشد. همین قضیه در مورد نواحی با سردی خارق‌العاده هم مصداق دارد. آنها نیز برای لحظه‌ای در آرامش وجود دارند.

حباب‌ها به محض ایجاد، از خلاء کاذب دوباره شروع به سرد شدن می‌کنند، نیروی الکترومغناطیس و نیروهای ضعیف توأم، از یکدیگر جدا

1. supercooled. 2. Sidney Coleman.

می‌شوند و هویت‌های جداگانه‌ای پیدا می‌کنند. انرژی درون یکی از حباب‌ها ــ عالم ما ــ شروع به تراکم به صورت ذراتی شبیه لپتون‌ها و کوارک‌ها می‌کند. در پایان این دورهٔ انبساط تورمی ــ در زمان $۱۰^{-۳۲}$ ثانیه درست بعد از آغاز کار ــ عالم ما، اینک محتوی مادهٔ تمام ستارگان، کهکشان‌ها، سیارات و مردمی که امروز در آن زندگی می‌کنند؛ تقریباً به اندازهٔ یک گریپ‌فروت است.

در این نقطه سناریوی **انفجار بزرگ** معمولی به نمایش درمی‌آید.

فیزیکدانان فعلاً بسیار تحت وسوسهٔ سناریوی حباب‌اند. در یک مورد، در خلال دورهٔ انبساط تورمی عالم، حباب‌ها بسیار کندتر از **انفجار بزرگ** گسترش یافتند. این به مادهٔ در حال گسترش در زمان امکان داد تا به صورت یکدستی مخلوط شود و به دمای یکنواختی برسد و بنابراین تشعشع یکنواختی در سرتاسر عالم به وجود آورد.

نظریهٔ حباب همچنین در مورد هموار‌ی عالم ما، به جای فرض اختیاری، با اتکا بر قانون طبیعی پاسخگوست. همچنان که رشد حباب به اندازهٔ عالم امروزی ما می‌رسد، چنان هموار می‌شود که سطحی از یک کرهٔ عظیم مثل زمین، هموار به نظر می‌آید.

مسائلی که هنوز باید در سناریوی حباب حل شوند چیست؟ اخترفیزیکدانان دقیقاً مطمئن نیستند که کهکشان‌ها و ستارگان منجمد شده از انبوه مواد درون حباب که به عالم ما تبدیل شدند، چطور به وجود آمدند. و برخی از فیزیکدانان هم با اندیشهٔ انبوه عالم‌های خلق شدهٔ همزمان، دچار اشکال‌اند.

آیا می‌توانیم نسبت به این مسئله هرگز اطمینان حاصل کنیم؟ فیزیکدانان در این مورد هم‌رأی نیستند. احساس عادی حاکی از آن است که عالم‌های مجزا، مثل حباب‌هائی که بر قرص نان تشکیل می‌شوند،

هرگز با یکدیگر برخورد نخواهند کرد، اما برخی نظریه‌پردازان دمدمی، با انتهایی خاص، معتقدند که با کند شدن انبساط و توقف آن، برخی از عالم‌های مستقل، سرانجام می‌توانند به هم نزدیک شوند.

هاوکینگ توضیح داد که: «انبساط تورّمی پاسخگوی این واقعیت است که انبساط عالم در خلال این دوره به نحو ظریفی صورت گرفت. در یک مورد، تورّم به عالم امکان داد تا به انبساط خود ادامه دهد، بدون اینکه مثل یک سیاهچال، خود دچار اضمحلال قهقرایی بشود. از طرف دیگر، ماده قدر بوده بسیار رقیق شود تا کهکشان‌ها را تشکیل دهد».

من دربارهٔ مسئلهٔ عالم در انفراد، به تعبیر هاوکینگ «شروع زمان»، متحیر شدم. آیا مفهوم حباب، مشکل انفراد را که چنین باعث زحمت بسیاری از فیزیکدانان نظری است؛ حذف می‌کند؟

هاوکینگ گفت: «خوب، محققاً می‌توانید با استفاده از یک حباب، نمونهٔ کیهان‌شناختی بدون انفرادی بنا کنید. اما من واقعاً فکر نمی‌کنم که در یک اضمحلال گرانشی حباب به انفراد کمکی بکند. و باز هم از دست انفراد در سیاهچال‌ها خلاص نخواهد شد».

او با حالتی دور از اطمینان که مغایر خلقیاتش بود، گفت: «به طور خلاصه، فکر نمی‌کنم مفهوم حباب بتواند انفراد اولیه را منتفی بداند، اما محتمل است».

فیزیکدانان متعددی مشغول کار در باب عالم حباب بوده‌اند. یکی از آنان، یک اخترفیزیکدان جوان به نام جی. ریچارد گات[3]، پیشنهاد کرده است که عالم ما چیزی به جز یکی از عوالم بی نهایت احتمالی که مثلاً حباب‌هائی در یک مایع داغ عظیم اما با تراکم معین به وجود آمده‌اند، نیست. محاسبات او معلوم کرده است که هر یک از عالم‌هایش از لحاظ

3. J. Richard Gott.

انبساط، عالمی است «باز» یا بی نهایت و برای همیشه به رشد خود ادامه خواهد داد.

این حباب‌ها از نوعی فضا که به احترام ویلم دوسیتر[4] به نام او نامیده شد، تشکیل می‌شوند؛ او نخستین کسی است که در ۱۹۱۷ به مطالعهٔ آن پرداخت. فضای مذکور راه‌حل خاصی است برای معادلات میدان نسبیت عام اینشتین که جهان منحنی نامحدودِ هموار در حال انبساط را توضیح می‌دهد. دوسیتر به راه‌حل خود یک ثابت کیهان‌شناختی شبیه به نیروی رانشی عالمگیر[5]، نوعی گرانی منفی، اضافه کرد. طبق تعریف دوسیتر طی انبساط عالم، هر نقطهٔ منفردی در عالم میل دارد که با سرعت پیوسته رو به تزایدی از نقطهٔ دیگر دور شود.

در تفسیر گات از عالم حباب، حباب اولیه به آرامی از فضای دوسیتر پیرامون تشکیل می‌شود. در عمل، انفراد در آغاز، حذف می‌شود. طبق نظر گات، یکنواختی عظیم عالم تنها در صورتی می‌توانسته است موجه باشد که هر بخش عالم در دورهٔ اولیهٔ انبساط مستقیماً، یا به دلیلی، به بخش‌های دیگر، حتی برای یک لحظه، مربوط بوده باشد.

در کیهان‌شناسی معیارِ انفجار بزرگ، بخش‌هائی از عالم واقعی اولیه تصادفاً از هم جدا شدند، زیرا به محض آغاز آن انبساط عظیم فاصلهٔ بین بخش‌ها بسیار دورتر از آن بود که نور بتواند فاصله بین آنها را طی کند. این همواره باعث زحمت کیهان‌شناسان شده است. در الگوی گات، همچون کیهان‌شناسی انبساط تورّمی عالم، مرحلهٔ کوتاهی از تراکم پایدار وجود دارد که برای بخش‌های عالم زمان کافی را تدارک می‌بیند تا به طور اتفاقی با یکدیگر مربوط شوند، از این رو نقاط متلاطم آرام می‌شوند و یک کیهان همگن را به وجود می‌آورند.

4. Willem de Sitter.

5. universal repulsive force.

به هر حال، یک جنبهٔ خاص کیهان‌شناسی گات، کاربرد تشعشع هاوکینگ در عالم اولیه است. گات، با توجه به اثر متقابل بین گرانش و مکانیک کوانتوم به این نتیجه رسید که افق‌های واقعه پیرامون سیاهچال‌ها همواره تشعشع گرمایی به وجود می‌آورند. او این عقیده را که تشعشع هاوکینگ مسئول تشعشع زمینهٔ یکنواخت پخش شده در سرتاسر عالم است مطرح کرده است.

هاوکینگ و دیگران قبلاً نشان داده‌اند که تشعشع سیاهچال در افق واقعه درست حالت خاصی از یک قضیهٔ عمیق است، بدین معنی که هرجا یک افق واقعه وجود داشته باشد، موجب گسیل تشعشع گرمایی می‌شود. این بدان مفهوم است که در محدودهٔ هر ناحیه‌ای که نور نتواند بگریزد ــ مثل حاشیهٔ یک سیاهچال یا مرز یک عالم ــ گسیل نوعی از تشعشع گرمایی وجود خواهد داشت.

گات مدعی است که یکی از ویژگی‌های مهم فضای دوسیتر آن است که انباشته از افقهای واقعه و تشعشع هاوکینگ است. همین انبساط فزاینده ــ درواقع افزایش تصاعدی انبساط ــ است که به وجود آورندهٔ همهٔ آن افق‌های واقعه است. اگر دو نقطه با چنان سرعتی از یکدیگر دور شوند که اجازه ندهند پرتو نور از یکی به دیگری برسد، در بین آن دو یک افق واقعه بروز خواهد کرد.

هاوکینگ و شاگرد و همکار سابقش گری گیبونز[6] قبلاً تشعشع هاوکینگ را همراه با این افق‌های واقعهٔ ویژه محاسبه کرده بودند. اما گات گامی فراتر می‌رود.

با به کارگیری دستاورد هاوکینگ و گیبونز، که تراکم انرژی تشعشع را برحسب انبساط عالم اولیه به صورت ریاضی توضیح می‌دهد، گات یک

6. Gary Gibbons.

عامل اضافی می افزاید تا آن تراکم انرژی را پایدار و همگن سازد. این ثابت کم و بیش همان است، که به تعبیر ریاضی، فضای دوسیتر را با سیالی[۷] دارای تراکم یکنواخت پر می‌کند. به هر حال، این سیال گات دارای فشار منفی است، یعنی همان چیزی که خود از آن به عنوان مکش عالمگیر نام می برد.

گات عقیده دارد که محاسبات اخیر در نظریهٔ میدان کوانتوم نتایجی به بار آورده است که نشان می دهد تشعشع هاوکینگ تحت اوضاعی خاص، مخصوصاً تحت آن اوضاع موجود در خلال انبساط فضای دوسیتر در مرحلهٔ اولیهٔ خود، دقیقاً همین رفتار غریب را بروز می داد.

محاسبات او [گات] نتیجهٔ جالبی به دست می دهد. افق های واقعه، تشعشع هاوکینگ ایجاد می‌کنند. تشعشع تبدیل به سیالی می شود که باعث انبساط عالم حباب می‌گردد. ثابت گات ــ یا سیال تشعشع هاوکینگ ــ همان چیزی است که موجب انبساط تصاعدی فضای دوسیتر می شود. و انبساط مولد افق های واقعه می‌گردد.

این پیشنهاد دوری[۸] تنها هنگامی مصداق دارد که تشعشع هاوکینگ بسیار داغ ــ بیش از $۱۰^{۳۱}$ درجه سانتیگراد ــ و به نحوی باورنکردنی متراکم باشد و شدت تراکم به اندازهٔ تصورناپذیر $۱۰^{۹۳}$ گرم ماده در سانتیمتر مکعب گات همچنین نسبتاً یقین دارد که این حواشیِ[۹] تراکم و گرما درست در حدود همان اوضاعی است که در آن گرانش رفتار مشکوکی شبیه یک میدان کوانتومی ــ نقطه ای که در آن گرانی کوانتیزه می شود ــ نشان می دهد.

گات یک دورهٔ[۱۰] انبساط تورمی را در نظریهٔ حباب خود وارد کرده

7. fluid.
8. circular thesis.
9. extremes.
10. epoch.

است. در این مرحلهٔ انتقالی، ماده ماهرانه تغییر می‌کند. مثلاً، گات پیشنهاد می‌کند که کورک‌های بدون جرم پیشین می‌توانند ناگهان جرم‌دار شوند. در خلال این دوره تشعشع هاوکینگ از فضای دوسیتر در حال انبساط وارد حباب می‌شود و طی زمانی کوتاه ــ 10^{-42} ثانیه ــ به صورت مادهٔ معمولی تغییر پیدا می‌کند. همین تبدیل تقریباً خلق‌الساعهٔ تشعشع به ماده است که به اعتقاد گات، اخترفیزیکدانان امروزی به آن باز می‌نگرند و از آن به عنوان انفجار بزرگ یاد می‌کنند.

بنابراین، تشعشع هاوکینگ مولود افق‌های واقعه در عالم جدید، مسئول کل ماده و انرژی در کیهان امروز است. این بدان دلیل است که تشعشع هاوکینگ، طبیعتاً در فضای دوسیتر، که زمینهٔ زیرموج و خود عالم هر دو در آن بسیار همگن‌اند؛ یکنواخت است.

بخش مخاطره‌آمیز نمونهٔ گات آن است که سعی دارد به ما بگوید که در آن سوی زمان پلانک ــ در زمان 10^{44} ثانیه یا پیشتر از آن ــ چه اتفاقی افتاده است. او ادعا می‌کند که در خلال این دوره عوالم دیگر ــ که تعدادشان نامحدود است ــ نیز می‌توانسته‌اند تشکیل شده باشند، درست مثل حباب‌هائی که بر کف آبجو ظاهر می‌شوند.

به هر حال، بدبختانه، ما هرگز قادر نخواهیم بود که یکی از این عالم‌های دیگر را مشاهده کنیم. هر یک از آنها توسط یک افق واقعه از دیگری جدا می‌شود، این افق سد نوری است که از انتقال هرگونه اطلاعات به یکدیگر جلوگیری می‌کند.

عصارهٔ هر نظریهٔ علمی آن است که باید قابل تأیید باشد. نتیجهٔ فرعی آن این است که باید تأییدناپذیر هم باشد. بنابراین، چطور گات مدعی است که اندیشهٔ او دربارهٔ حباب‌های ظاهرشونده در یک کف و تعداد بی‌اندازه‌ای از عالم‌ها ثابت یا نفی شود؟

در یک مورد لازم است تا رفتار حباب‌ها در فضای دوسیتر با دقت بیشتری معین شود. این باعث می‌شود که به نمونهٔ او چهارچوب نظری بهتری داده شود. از جنبهٔ عملی، گات مدعی است که باید مشاهدات اخترشناختی بهتر و کامل‌تری دربارهٔ ویژگی‌های بزرگ مقیاس و رفتار عالم صورت گیرد.

بیشتر اخترفیزیکدانان فکر می‌کنند که کهکشان‌ها و خوشه‌های کهکشانی هرگز نمی‌توانسته‌اند در عالمی کلاً همگن تشکیل شده باشند. اما نظریهٔ گات دقیقاً مستلزم وجود یک چنین عالمی در زمان متعاقب تولد خویش است. ناپایداری‌ها و افت و خیزهای تصادفی باید جائی در خلال سرگذشت عالم گسترش می‌یافت. گات معتقد است که نگاهی بهتر و دقیق‌تر به آسمان، این امر خلاف قاعده را توضیح خواهد داد.

از هاوکینگ دربارهٔ نظریهٔ گات پرسیدم و اینکه نسبت به کاربرد تشعشع خود [تشعشع هاوکینگ] به عنوان مسئول کل ماده و انرژی عالم چه می‌اندیشید؟

هاوکینگ گفت: «در فضای دوسیتر، شما تشعشع گرمایی دارید، و این برای حباب‌ها مهم است. اما گات آن را دقیقاً به حساب نیاورد». او با شتاب، در دفاع از کار خویش افزود «گری گیبونز و من نخست کشف کردیم که در فضای دوسیتر تشعشع گرمایی وجود دارد. دلیل بروز این تشعشع آن است که در آنجا، درست مثل سیاهچال‌ها، افق‌های واقعه وجود دارند. بنابراین، تشعشع مذکور خیلی شبیه تشعشع سیاهچال و از این رو شبیه به تشعشع هاوکینگ است».

پس نظر هاوکینگ نسبت به تلاش‌های گات در مورد کاربرد تشعشع هاوکینگ در عالم اولیه چیست؟

او با پوزخند موذیانهٔ خاص خود گفت: «خوب، فکر می‌کنم گات ــ نه خدا[۱۱] ــ معروفیت بی جهتی کسب کرده است. تعدادی دیگر از افراد نیز اندیشه‌های مشابهی مطرح کرده‌اند و برخی از آنان خیلی زودتر از او. اشخاصی دیگر هم از مکانیک عامل تولید حباب‌ها با تفصیل بیشتری سخن گفته‌اند».

هاوکینگ گفت: «دو نفر از آنان آلن گوت[۱۲] از ام.آی.تی و استاروبینسکی[۱۳] از مسکو می‌باشد. درواقع استاروبینسکی اولین کسی است که مفهوم عالم‌های حباب را پیشنهاد کرد».

هاوکینگ در اواخر ۱۹۸۱ به غوغای حباب ــ انفجار[۱۴] ملحق شد و این هنگامی بود که او مجذوب کار عالی افراد بسیاری از نظریه‌پردازان شوروی شده و به روسیه رفته بود تا دربارهٔ آنان دربارهٔ انبساط تورمی عالم، چه می‌آموزند. در روسیه او با ا. ا. استاروبینسکی، ا. د. لیند[۱۵] و دیگران در **مؤسسهٔ فیزیک لبدیف**[۱۶] در مسکو دیدار کرد.

هاوکینگ گفت: «برخی تفسیرهای روس‌ها از مفهوم عالم حباب واقعاً بسیار جذاب بود. اندیشهٔ اصلی مورد علاقهٔ من نسبتاً ساده بود.

«موضوع آن است که اگر حباب بسازید، آن‌گاه محکوم هستید که بیش از یک حباب مطرح کنید. و این حباب‌ها احتمالاً با یکدیگر برخورد می‌کنند که این موجب ظهور یک عالم ناهمگن می‌شود. و این با آنچه امروز مشاهده می‌کنیم سازگار نیست».

لیند در مقاله‌ای مطرح کرد که او فکر می‌کند تشکیل یک حباب مستقل بدون تشکیل حباب دیگری در مجاورت و امتداد آن ممکن

۱۱. اشاره‌ای است به شباهت ظاهری تلفظ کلمات Gott و God در زبان انگلیسی.

12. Alan Guth. 13. Starobinskii. 14. bubble-bang.
15. A.D. linde. 16. Lebedev Physics Institute.

می‌باشد. این اندیشه موضوع اصلی مورد علاقهٔ هاوکینگ برای تحقیق بود. او در مسکو ساعت‌ها صرف بحث با لیند کرد. هاوکینگ گفت: «مسکورا در حالی ترک کردم که فکر می‌کردم تفسیر لیند از بهترین تفاسیر روس‌هاست، اما هنوز احساس می‌کردم که چیزی در کار او اشتباه بود».

هنگامی که هاوکینگ به کمبریج بازگشت؛ نخستین کاری که کرد این بود که با همکارش یان مؤس بنشیند و مقاله‌ای با نیت رفع نقایص نظریه‌های روسی تهیه کند.

هاوکینگ گفت: «مسئلهٔ سناریوی گوت آن بود که به عالم بسیار ناهمگن و در استیلای معدودی از حباب‌های عظیم منتج از مرحلهٔ تورم منتهی می‌شد. ما در مقالهٔ خود نشان دادیم که، تحت اوضاع معین، می‌توانید دورهٔ تورمی داشته باشید که در تمام نقاط فضای عالم واقعی اولیه به طور همزمان ظهور می‌کند. بنابراین، ایجاد ناهمگنی نمی‌کند».

هاوکینگ، که به این اندیشه دست یافت، و مؤس، که محاسبات آن را انجام داد، طی فرایند نسبتاً مستقیمی به این راه‌حل رسیدند. هاوکینگ گفت «مقالات دیگر با خروج از دورهٔ انبساط تورمی، به صورت مسئله‌ای در فضا- زمانِ مستقیم برخورد کرده بودند. آنها انحنا و افق محدود عالم را فراموش کرده بودند».

او گفت: «ما نشان دادیم که دوران تورمی در فضا- زمانِ مستقیم رخ نمی‌دهد، بلکه وقوع آن در فضا- زمان منحنی است. نتیجه آن است که عالمی بدون ناهمگنی‌های دیگر، از دورهٔ تورمی ظهور می‌کند». این مقاله با راه‌حل نسبتاً سادهٔ خود برای یک مسئلهٔ آزاردهنده، مورد علاقهٔ گستردهٔ کیهان‌شناسان واقع شد.

در ژوئن ۱۹۸۲ هاوکینگ و گری گیبونز میزبان کنفرانسی در کمبریج دربارهٔ عالم واقعی اولیه ــ یعنی اولین لحظهٔ حیات این عالم ــ بودند.

بسیاری از پیشتازان این رشته آمده بودند. پنج کیهان‌شناس از اتحاد شوروی از جمله لیند و استاروبینسکی، همراه با گوت و بیست و چهار نفر دیگر از ایالات متحده و اروپا حضور داشتند. یک مسئله بیش از همه مورد توجه بود.

در تمام سناریوهای تورمی یک نقص مرگبار وجود داشت و آن این بود که عالم، اگرچه در مقیاس بزرگ همگن است، اما در مقیاس کوچک کاملاً یکنواخت نیست و توده‌هائی از ماده را به شکل کهکشان‌ها و ستارگان و خوشه‌های کهکشانی دربر دارد. به عبارت دیگر، به سادگی روشن نبود که عالم تورمی توانسته باشد ستارگان و کهکشان‌هائی را به وجود آورده باشد که ما امروزه در عالم خویش مشاهده می‌کنیم. فیزیکدانان در برنامهٔ سه هفته‌ای خود به گروه‌های جداگانه‌ای برای حل این مسئله تقسیم شدند که سر پرستی بعضی از گروه‌ها هم با هاوکینگ، گوت و استاروبینسکی بود.

در آزمایش و وارسی آنچه آنان می‌خواستند «عالم تورمی جدید» بنامند، نظریه‌پردازان گرد آمده و به صورت دستجات کوچکی در اطراف تخته‌سیاه‌ها و پایانه‌های کامپیوتر جمع شدند و برای لحظه‌ای فکر می‌کردند که در مورد مسئلهٔ تشکیل کهکشان راه‌حلی پیدا کرده‌اند. محاسبات آنان نشان داد که سناریوی تورمی در واقع تعداد درست توده‌های ماده را که به طرز مخصوصی در سرتاسر عالم پراکنده شده بودند به وجود می‌آورد.

اما اگر سناریوی تورمی تا نتیجهٔ ریاضی خود پیگیری می‌شد، این توده‌های ماده به نحوی پیشرس تشکیل و تقریباً به فوریت ویران می‌شدند و به صورت سیاهچال درمی‌آمدند و در پشت سر خود دنیائی کاملاً سیاه برجای می‌گذاشتند. بنابراین، ساده‌ترین نمونهٔ عالم تورمی جدید، که هاوکینگ و دیگران به ایجادش کمک کرده بودند ناگزیر باید رسماً مردود

اعلام می‌شد ــ حتی هر چند که فقط شش ماه از عمرش می‌گذشت.

هاوکینگ گفت: «خوب، لااقل به ما راه را نشان داد، بنابراین کنفرانس یک شکست نبود. همچنین معلوم شد که کار بسیاری باید انجام شود».

با این همه عالم تورّمی بیش از همه مورد علاقهٔ کیهان‌شناسان است. هاوکینگ گفت: «به نظر می‌رسد راه دستیابی درست، همین عالم باشد. این عالم بیش از آنکه مسئله‌ساز باشد، گره‌گشاست». یکی از نتایج تورم که نظریه‌پردازان مخصوصاً بدان اشتیاق دارند آن است که یک انفجار تورمی اولیه باید کل مادهٔ عالم اولیه را چنان نرم و سیال کرده باشد که به آن عالم امکان داده باشد تا به اندازهٔ عالم فعلی ما به انبساط خود ادامه دهد.

یک عالم اولیهٔ جوان رو به رشد می‌توانسته است چنان با ماده متراکم بوده باشد که به سهولت بتواند، مثل یک سیاهچال، فروپاشد. یا اینکه ماده ممکن است چنان رقیق شده باشد که به صورت خوشه‌های کهکشانی درآمده و بلافاصله در فضا پراکنده شده باشد. درواقع انبساط عالم، مستلزم انتظام[17] خارق‌العاده‌ای بود. این عمل باید طی زمان 10^{-32} ثانیهٔ دورهٔ تورّمی رخ داده باشد.

اگرچه عالم ما هنوز در دورهٔ جوانی خود می‌باشد، اما نظریه‌پردازان وقت کافی برای کشف سرنوشت نهایی آن دارند. آیا ما در یک عالم باز زندگی می‌کنیم؟ آیا انبساط فعلی آن ــ با همهٔ ماده‌ای که سرانجام چنان پخش می‌شود که ستارگان و کهکشان‌ها به سهولت یکی‌یکی چشمک بزنند ــ برای ابد ادامه می‌یابد؟ یا اینکه در عالمی بسته به سر می‌بریم؟ آیا

17. fine-tuning.

عالم روزی شروع به سیر قهقرایی خود خواهد کرد و در اضمحلال ناگهانی، که اخترفیزیکدانان آن را **اضمحلال بزرگ**[۱۸] می نامند، **انفجار بزرگ** را بازسازی خواهد کرد؟ تا پایان کارعالم هنوز بیلیون ها سال فاصله است، اما با این همه عقیدهٔ هاوکینگ را در این مورد پرسیدم.

او گفت: «من واقعاًمدعی نیستم که سرنوشت عالم را می دانم. هیچ کس دیگر هم چنین ادعائی نمی‌کند. من فکر می‌کنم بهترین حدس آن باشد که جایگاه عالم درست در مرز بین اضمحلال و انبساط قرار گیرد. اما این فقط یک حدس است.

«طبق یک نمونهٔ کیهان‌شناختی خاص، پیش بینی می شود که عالم با چنان انرژی‌ای منبسط شود که به اضمحلال نرسد. اگر من ناگزیر از انتخاب نمونه‌ای می بودم، فکر می‌کنم این یکی ــ یعنی نمونه‌ای که درست بر آستانهٔ اضمحلال قرار دارد ــ را برمی‌گزیدم».

اما آیا این اندیشهٔ عالم‌های حبابِ موجود در کنار یکدیگر مدعی بازبودن عالم نیست و این معنی را نمی دهد که انبساط تا ابدیت، تا جائی که به نحوی بی پایان تاریک و سرد شود، ادامه خواهد یافت؟

هاوکینگ پاسخ داد: «اندیشهٔ وجود عالم های متعدد در کنار یکدیگر بر اعتقاد به وجود یک عالم باز تأثیر می‌گذارد. این واقعاً نمی توند مسئله‌ای مرسوم (کلاسیک) تلقی شود. باید مکانیک کوانتوم را ــ با تمام احتمالاتش ــ درنظر بگیرید.

«وقتی که می‌گویید تعدادی از عالم ها می توانند در کنار یکدیگر وجود داشته باشند، من فکر می‌کنم که بر زمینی خطرناک ــ متافیزیکی ــ قدمی می‌گذارید. فکر می‌کنم گفتهٔ ویتگنشتاین[۱۹] را نقل می‌کنم. او نیمی از

18. Big Crunch.

◄ ۱۹. Ludwig Joseph Johan] Wittgenstein ، ۱۲۶۸ ــ ۱۳۳۰ /۱۸۸۹ ــ ۱۹۵۱؛

عمرش را در کمبریج گذراند. او گفت ــ دست‌کم من فکر می‌کنم که او گفت ــ که وجود عالم‌های دیگر یک پیش‌بینی نیست. مقصودش این بود که چندان معنائی ندارد که گفته شود عالم‌های دیگر وجود دارند، مگر اینکه نوعی نتیجهٔ مشاهده‌پذیر وجود داشته باشد.

«درواقع، اگر بتوانیم مکانیک کوانتوم را در مورد عالم به کار ببریم، آنگاه انسان طبیعتاً به تصویری هدایت می شود که بر آن اساس عالم تمام انواع شاخه‌های متفاوت را دربر دارد».

آیا اینها نواحی واقعی وفیزیکی مشاهده‌پذیرند؟

او گفت: «نه انها انشعاباتی فیزیکی نخواهند بود. این فقط بدان معناست که یک احتمال غیرصفری برای عالم وجود دارد که طبق آن اشکال عالم متفاوت است. درست همان‌طور که احتمال باز و بسته بودن آن وجود دارد».

هاوکینگ در حالی که به وضوح از این اندیشه لذت می‌برد، ادامه داد: «شاید دقیقاً این طور باشد که ما در شاخه‌ای خاص از عالم قرار داریم که در مرز بین باز و بسته بودن واقع شده است. خارق‌العاده‌ترین موضوع عالم آن است که به مرز بین باز وبسته بودن بسیار نزدیک است. احتمالات مغایری موجودیت عالم در چنین مرزی، فراوان است. با این همه عالم به جایگاه بین باز و بسته بودن چنان نزدیک است که نتوانسته‌ایم تصمیم بگیریم، عالم باز است یا بسته».

آیا هیچگاه خواهیم فهمید که عالم باز است یا بسته؟ یا سئوال دیگری

◄ فیلسوف اتریشی، دارای درجهٔ دکتری از کمبریج. از ۱۲۰۹ تا ۱۳۲۶ در کمبریج به تدریس اشتغال داشت. در ۱۲۹۱ ــ ۱۲۹۲ با همکاری برتراندراسل تحقیق می‌کرد و در تمام عمر خود بیش از یک کتاب ننوشت. نقل به اختصار ازدایرةالمعارف مریک، نگاه‌ج ۲۹، ص ۸۸، چ ۱۹۷۳.

مطرح می‌شود که بهتر است موضوع را به متافیزیک واگذاریم؟

او گفت: «به زودی ابزار لازم را در اختیار خواهیم داشت. تلسکوپ فضایی به ما امکان خواهد داد که مشخصاً معلوم شود عالم در کدام طرف خط مرزی است. قادر خواهیم بود که بسیار عمیق‌تر به فضا نگاه کنیم و حساب دقیق‌تری از مادهٔ عالم به دست آوریم.

«اما ممکن است هنوز وضع طوری باشد که نتوانیم تصمیم بگیریم. اما لحظهٔ تصمیم بسیار نزدیک است. اگر عالم واقعاً با تعادل در مرز باشد، آن گاه هرگز چیزی نخواهیم دانست. اما، تا جائی که به مشاهدات فعلی ما مربوط می‌شود، هنگامی که تلسکوپ فضایی وارد عمل شود، واقعاً خواهیم توانست معلوم کنیم که عالم باز است یا بسته».

پرسیدم: «و آنگاه چه چیز بر ما معلوم خواهد شد؟».

گفت: «سرنوشت اتم‌های اجسام ما».

بر فراز دهکدهٔ اسکی شامونی[20] در کوهستان آلپ فرانسه ایستادم. آسمان صاف و آبی، کوه‌های پوشیده از اولین برف پاییزی و برگ‌ها تازه شروع به تغییر رنگ کرده بودند. کامیون فیات کوچکی از تونلی که در زیر مون‌بلان[21] برای اتصال ایتالیا و فرانسه حفر شده بود، بیرون آمد. راجر آنتوان[22]، یکی از مقامات آزمایشگاه شتابگر سرن، در ۹۶ کیلومتری غرب نزدیک ژنو سویس، و من سوار شدیم. کامیون پیچید و به درون تونل رفت.

در وسط این تونل یازده کیلومتری هوا آکنده از دود ماشین و بوی گازوئیل بود. در آن نقطه، در غاری که داخل صخره‌ای در کنار جاده حفر شده بود، دستگاه عظیمی نصب شده بود تا فقط یک چیز را آزمایش کند: آیا پروتون، پایدارترین و معتبرترین شهروند عالم، دوام همیشگی دارد؟ یا

20. Chamonix. 21. Mont Blanc. 22. Roger Antoine.

اینکه پروتون‌ها هم مثل بیشتر ذرات دیگر تباه می‌شوند؟ دو دههٔ پیش اندیشهٔ تباهی پروتون یک جنجال علمی تلقی می‌شد. امروزه دانشمندان این اندیشه را جدی می‌گیرند.

این بدان دلیل است که یکی از نتایج نظریه‌های وحدت‌یافتهٔ بزرگ آن است که پروتون‌ها، که قبلاً تصور می‌شد تبدیل‌ناپذیرند، سرانجام به صورت ذرات دیگر درخواهند آمد. حسب نظریه، دلیل این امر آن است که نیروی [هسته‌ای] پرقدرت باعث ثبات پروتون است و نیروی [هسته‌ای] ضعیف که عامل تباهی رادیواکتیو به شمار می‌آید، سرانجام تحت تأثیر همان اثر متقابل ــ اثر متقابلی که برای لحظه‌ای در خلال زمان 10^{32} عمر عالم ظاهر شده ــ قرار می‌گیرد. بنابراین، پروتون خود می‌تواند، مثل یک اتم رادیواکتیو، سرانجام تباه شود.

نظریه‌ها پیش‌بینی می‌کنند که برای هر پروتون وقت بسیار زیادی ــ دست‌کم 10^{30} سال یا بیشتر ــ به طور متوسط لازم خواهد بود تا تباه شود. با این همه، برای محققان این وظیفهٔ بسیار ساده‌ای بود تا آزمایشی ابداع کنند که به تجربهٔ واقعه‌ای بپردازد که در آیندهٔ بسیار دور ــ یک دامنهٔ زمانی چنان عظیم که از عمر عالم هم بیشتر است ــ اتفاق خواهد افتاد.

سه کیلومتر در زیر قلهٔ مون‌بلان، در محلی خارج از تشعشع کیهانی که می‌تواند موجب انحراف دستگاه بشود، پیچی پیو[۲۳]، یک فیزیکدان ایتالیایی، آزمایش اندازه‌گیری عمر پروتون را به من نشان داد.

پیو گفت: «معلوم است که ما نمی‌توانیم بیلیون‌ها سال منتظر بمانیم و ناپدید شدن پروتون را تماشا کنیم. اما می‌توانیم تعداد 10^{30} پروتون یا بیش از این رقم را جمع کنیم و ببینیم آیا یکی از اینها در خلال دورهٔ معینی، مثلاً یک سال نابود می‌شود یا خیر». اگر تباهی پروتون یک واقعیت طبیعی

23. Picchi Pio.

باشد، آن گاه از نظر آماری لااقل یک پروتون باید در طول سال بمیرد.

پیو مجموعهٔ (کلکسیون) پروتون‌هایش را به من نشان داد. آنها در داخل ردیفی از ورقه‌های آهنی کومه شده به وزن کل ۱۵۰ تن قرار داشتند. پیو و همکارانش تعداد پروتون‌های داخل آهن را تقریباً $۱۰^{۳۲}$ عدد تخمین می‌زدند. و این «یک رقم کاملاً درست برای یک تجربهٔ مطلوب بود».

چهل و دو هزار دستگاه شبیه به شمارشگر گایگر[24] روی ورقه‌ها تعبیه شده است تا هرگونه پرتاب تشعشعی گسیل شده از مرگ پروتون ثبت شود. این دستگاه‌ها که کالریمتر نامیده می‌شوند به یک کامپیوتر متصل‌اند. کار پیو و همکارانش از چندین دانشگاه ایتالیایی و مرکز مرن آن است که برای دستیابی به علامت درست، پایانهٔ کامپیوتر را تماشا کنند ــ یعنی کارشان فقط انتظار و تماشاست.

هنگامی که در اواخر ۱۹۸۲ شاهد این تجربه بودم چهار رویداد مورد انتظار قبلاً بر صفحه کامپیوتر ظاهر شده بود.

پیو از یکی از آنها تصویری کامپیوتری برداشت. این تصویر مسیری (ردپائی) به شکل Y بود که تجربه گران را منطقاً متقاعد می‌ساخت که یک پروتون به لپتونی موسوم به موئون و یک الکترون مثبت یا پوزیترون تبدیل شده و در دنبال خود جریان کوچکی از انرژی برجای می‌گذارد که توسط کالریمترها ثبت می‌شود. مسیر دیگری که به من نشان داد مربوط به یک نوترینو بود که به گفتهٔ او قبل از رسیدن به تونل زیر موئن‌بلان کاملاً از درون زمین عبور کرده است.

در تجاربی مشابه در هند، مینه‌سوتا، داکوتای جنوبی، یوتا و ژاپن میلیون‌ها دلار صرف یافتن طول عمر پروتون‌ها می‌شود. اگرچه محققان هند مدعیند که دست‌کم هشت مورد از تباهی پروتون‌ها را در دست دارند، اما

24. Geiger counter.

تاکنون بیشتر تجارب به نتیجه‌ای منتهی نشده است. اگر زمانی تباهی پروتون‌ها محقق شود، این ثابت خواهد کرد که گوت هی متعدد در مسیر صحیح قرار دارند. این موضوع برای دانشمندان هم روشن خواهد شد که عالم ذاتاً ناپایدار است، زیرا پروتون‌ها اجزاء تشکیل دهندهٔ اصلی ماده‌اند.

هاوکینگ مردد است.

او روزی با صراحت در دفترش به من گفت: «آنان به تباهی پروتون دست نخواهند یافت. اگر موفق شوند معلوم می‌شود که در تجربهٔ‌شان اشکالی وجود دارد. حدس من آن است که طول عمر، (تا حدودی) کاملاً بیش از آن چیزی است که آنان فکر می‌کنند. آنان در جست و جوی دامنه‌ای به طول ۱۰^۳۰ تا ۱۰^۳۳ سال هستند. این بهترین کاری است که ایشان فعلاً می‌توانند انجام دهند. حدس من این است که طول عمر پروتون کاملاً بیشتر از ۱۰^۳۳ سال است. و در آن صورت رؤیت تباهی آن تقریباً غیرممکن خواهد بود».

گفتم: «شما کاملاً مطمئن به نظر می‌رسید».

او با قطعیت گفت: «اگر ساده‌ترین معادلات نمونه‌های وحدت‌یافتهٔ بزرگ صحیح باشند، می‌توان به تباهی پروتون دست یافت. اما در صورتی می‌توان این نمونه‌ها را ساخت که طول عمر بیش از ۱۰^۳۳ سال باشد. اما آن وقت دیگر هرگز نمی‌توان شاهد تباهی پروتون بود».

«به دلیلی دیگر ــ نه فقط برای حال، بلکه برای آینده ــ غیرممکن خواهد بود که بتوان تباهی پروتون را از سایر رویدادهای معین معلول نوترینوها تشخیص داد. این رویدادها یکنواخت نیستند، اما بسیار شبیه تباهی پروتون به نظر می‌آیند». من نوترینوی پیچی پیو را یادآور شدم، نوترینوئی که از درون زمین عبور کرده بود و مسیرش شباهتی با مسیر یک پروتون مورد ادعا در بحبوحهٔ مرگ داشت.

هاوکینگ گفت: «نوع دیگری از تباهی پروتون نیز وجود دارد که ناشی از سیاهچال‌های کوچک است. این سیاهچال‌ها از پروتون‌ها کوچکترند. اما طول عمر پروتون‌ها در آن حال، اغلب در حدود $۱۰^{۴۵}$ سال است. هیچ چیز هرگز قادر به اندازه گیری آن نیست».

نخوت هاوکینگ نسبت به تجارب محققان پروتون را می‌توان به عنوان بی‌اعتمادی متقابل نظریه‌پردازان و تجربه‌گران به یکدیگر تلقی کرد. او بدون هیچ اصراری می‌گوید: «من مخالف تجربه‌گران نیستم. فقط مخالف روش‌ها هستم.

اما اگر روزی تباهی پروتون ثابت می‌شد، به اندیشهٔ نسبتاً جالبی منجر می‌گردید».

۹

اصل آنتروپی

گزارش‌های اولیهٔ مربوط به انفجار بزرگ در میان صاحبان عقاید گوناگون شنوندگان گوش به زنگی یافت. پاپ پایوس دوازدهم[۱]، پس از فراگیری اینکه یک تکوین علمی متضمن چیست، در ۱۹۵۱ اظهار داشت: «علم حقیقی تاحدی بسیار روزافزون به کشف خدا منجر می‌شود و گویی خدا در پشت هر دری که علم می‌گشود انتظار می‌کشید». بسیاری از دانشمندان فکر می‌کنند که واقعیات مربوط به انفجار بزرگ، همان طور که تدریجاً کشف می‌شوند، می‌توانند دست‌کم نشانه‌ای از خالق یا نیروی خلاقه به دست دهند. ممکن است به زودی معین شود که علم هرگز قادر نخواهد بود که ما را به لحظهٔ دقیق آفرینش ــ یعنی به آن شروع فلسفی، متافیزیک و الهیات محض ــ رهنمون شود. استیون هاوکینگ پورشی آزمایشی به این قلمرو نامشخص انجام داده است. او به من گفت: «اتفاقات مغایر با عالمی شبیه عالم ما که از چیزی همچون انفجار بزرگ ناشی می‌شود بسیار بزرگ‌اند. من فکر می‌کنم هرگاه که بحث در منشأ عالم را آغاز می‌کنید به وضوح پیامدهائی مذهبی ایجاد می‌شود. باید عواقب مذهبی وجود داشته باشد. اما

۱. Pope Pius XII، ۱۲۵۵ ــ ۱۳۳۷/ ۱۸۷۶ ــ ۱۹۵۸؛ نام اصلیش یوجنیو پاسلی (Eugenio Pacelli) بود.

من فکر می‌کنم بیشتر دانشمندان بهتر می دانند که از جنبهٔ مذهبی آن خود را کنار بکشند».

چند سال قبل، هاوکینگ و تعدادی از همکارانش، در حالی که به جای شمار عالم‌ها به مفهوم عالم می اندیشیدند، به اصلی دست یافتند که به نظر برخی دانشمندان یک اصل جنجالی بود، اما دیگران فکر می‌کردند که عالم را در زمینهٔ درست آن قرار می دهد.

اصل هاوکینگ بر یک تجربهٔ فکری مرسوم (کلاسیک) مبتنی بود. نخستین قضیهٔ آن عبارت از این بود که همهٔ جلوه‌های جهان یومیهٔ ما، جهان زیراتمی و خود کیهان تحت تأثیر چند قانون و ثابت فیزیکی اساسی است که احتمالاً جمع کل آنها از پانزده مورد تجاوز نمی‌کند. علم، این قوانین و ثابت‌ها را کشف کرده است و اینها در مورد جرم‌های ذرات بنیادی و قدرت های نیروهای اساسی که در بین آنها عمل می‌کنند، مصداق دارند.

هاوکینگ، همراه با براندون کارتر و همکاران دیگر، کشف کرد که تعادل فوق‌العاده ظریفی در طبیعت برقرار ست. مثلاً اگر نیروی پرقدرتی که بر کوارک‌ها، نوترون‌ها و پروتون‌های هستهٔ اتمی مؤثر است، تنها اندکی ضعیف‌تر می بود، آن گاه تنها عنصر باثبات فقط ئیدروژن می بود. هیچ عنصر دیگری نمی توانست وجود داشته باشد.

اگر نیروی پرقدرت فوق در مقایسه با نیروی الکترومغناطیس، یعنی نیروئی که رفتار لیتون‌ها را مثل الکترون‌ها و نوترینوها تنظیم می‌کند، اندکی نیرومندتر می بود، آنگـــاه یک هستهٔ اتمی می توانست فقط دو پروتون داشته باشد و طرح دو پروتونی، نقش ثابت عالم می شد. این بدان معناست که دیگر ئیدروژنی در میان نمی بود و ستارگان و کهکشان‌ها، اگر اصولاً تکاملی می یافتند، راه تکامل‌شان از آنچه هست، بسیار متفاوت

2. Brandon Carter.

می بود.

اگر ثابت گرانی نیرومندتر می بود ــ یعنی به جای اینکه از نیروی هسته‌ای پرقدرت 10^{38} بار ضعیف‌تر باشد به اندازهٔ 10^{25} بار ضعیف‌تر می بود ــ آنگاه عالم ما کوچک و سریع السیر می بود. در آن صورت یک ستارهٔ متوسط می توانست جرمی به اندازهٔ 10^{-12} برابر خورشید داشته باشد و عمرش در حدود یک سال می بود که دیگر فرصتی برای پیدایش پدیده های زیست شناختی پیچیده از قبیل انسان وجود نمی داشت.

اگر گرانی ضعیف‌تر از آنچه هست می بود آن وقت مادهٔ نمی توانست به صورت ستارگان و کهکشان های جامد و سخت درآید و عالم سرد و تهی می شد. به هر حال، دقیقاً به همین دلیل ضعف بسیار گرانی در مقایسه با سه نیروی دیگر است که کهکشان ما و منظومهٔ شمسی تکامل یافت. و به طوری که هاوکینگ خاطرنشان می سازد، رشد عالم ــ که چنان به مرز بین اضمحلال و انبساط ابدی نزدیک است که انسان قادر به اندازه‌گیری آن نیست ــ در وضعیت خاصی قرار داشت که به کهکشان‌ها و ستارگان امکان تشکیل داده است.

هاوکینگ گفت: «درواقع، [وجود] عالمی شبیه عالم ما با کهکشان‌ها و ستارگان کاملاً نامحتمل است. اگر انسان ثابت‌ها و قوانین محتمی را که می توانسته‌اند به وجود آمده باشند درنظر بگیرد، آن گاه غرایب تشکیل حیات در عالم ما بسیار عظیم خواهد بود».

همچنین موضوع آنتروپی مطرح است. این سنجش دائمی افزایش تباهی و بی نظمی تحت کنترل قانون دوم ترمودینامیک است که طبق آن هر تغییری در عالم تا حدودی به موقعیتی بی نظم‌تر منتهی خواهد شد. آنتروپی همیشه افزایش یافته و نظم همیشه کاهش می یابد. دلایل این تمایل عالمگیر به متلاشی شدن، در همه جا دیده می شود. اتومبیل‌ها

زنگ می‌زنند، ستارگان پیر می‌شوند و می‌میرند، اجسام جامد و برجسته متلاشی می‌شوند، مردم به کهولت می‌رسند، کوه‌ها فرسایش می‌یابند و ساختمان‌ها ویران می‌شوند. این به معمائی منجر می‌شود: اگر عالم مکانی است که مثل یک ساعت تدریجاً کند می‌گردد، بنابراین، با وجود این تمایل طبیعی، چگونه در اولین مکان کوک شد؟ به رغم قانون دوم ترمودینامیک، نظم از آشفتگی برخاسته است.

قانون دوم ترمودینامیک، مطلق نیست. آنتروپی می‌تواند کاهش یابد، یعنی نظم می‌تواند به طور طبیعی افزایش پیدا کند. اما این بسیار بعید است. درنظر بگیرید که قطعات یک ساعت را در بشکه‌ای تکان بدهند و بعد در جائی بیندازند تا به عنوان یک شمارشگر زمان کار کند. آیا این از همان نوع رویدادی است که به انفجار بزرگ منجر شد؟ آیا عالم ما یک بازگشت عظیم و تصادفی آنتروپی است؟ یا اینکه ــ جداً ــ یک معجزه است؟

هاوکینگ معتقد است که تنها راه توضیح عالم ما، با حضور ما در آن است. او گفت: «این اصل می‌تواند به صورت (چیزها همان‌اند که هستند زیرا ما همانیم که هستیم)، تفسیر شود».

طبق یکی از تفاسیر این اصل، تعداد زیادی از عالم‌های متفاوت و مجزا وجود دارند. هر یک از این عالم‌ها به سبب پارامترهای فیزیکی و اوضاع اولیهٔ خود ارزش‌های متفاوتی دارند. بیشتر آنها شرایط لازم برای پرورش زندگی هوشمندانه را نخواهند داشت».

او افزود: «به هر حال، در تعداد کمی از این عالم‌ها شرایط و پارامترهائی شبیه عالم ما وجود خواهد داشت. در این چنین عالم‌هائی گسترش زندگی هوشمندانه و طرح این پرسش که «چرا عالم آن طوری است که ما می‌بینیم؟» امکان دارد. تنها پاسخ به پرسش فوق آن است که

اگر غیر از این بود آن وقت کسی وجود نداشت که چنین چیزی بپرسد».

هاوکینگ گفت: «با کمال تعجب این اصل برای بسیاری از مناسبات عددی مهم که در بین ارزش‌های متفاوت پارامترهای فیزیکی مشاهده می‌شود، توضیحی به دست می‌دهد».

براندون کارتر این موضوع را مفهوم نسبتاً مرموز «اصل آنتروپی» می‌نامد. برخی از دانشمندان اصل آنتروپی کارتر و هاوکینگ را در زمینه‌هائی که به هیچ وجه توضیح‌دهنده نیست، تقبیح می‌کنند. به نظر بسیاری از اُپیون این اصل گیج کننده و مایهٔ نارضایتی است، زیرا مستلزم کار خالق نیست.

هیچ کس تاکنون نتوانسته است نشان دهد که هر عالم ناشی از لحظهٔ آفرینش باید همان ویژگی هائی را داشته باشد که عالم ما واقعاً دارد. شاید برای زمان حال، اصل آنتروپی ــ نوعی نیمه دلیل قانع کننده که درواقع کنجکاوی ما را دربارهٔ سرچشمهٔ عالم درنظر نمی‌گیرد ــ بهترین کاری است که علم می‌تواند انجام دهد.

هاوکینگ، کنجکاوترین افراد، می‌پذیرد که اصل آنتروپی خیلی دخالت نمی‌کند که به مفهوم واقعی یک توضیح علمی حقیقی از عالم به دست دهد. او گفت: «اگر بخواهیم بر اصل آنتروپی متکی باشیم، باز هم به نوعی نظریهٔ وحدتبخش نیاز داریم تا پاسخگوی اوضاع اولیهٔ عالم باشد».

برخی فیزیکدانان موضوع را بسیار جدی تلقی می‌کنند. جان ویلر در دانشگاه تکزاس، که به نام فیزیکدانِ فیزیکدانان مشهور شده است، اندیشهٔ آنتروپی را بسط داده است و مجموعه‌ای از عالم‌ها را در دورهای بی‌پایان انبساط و انقباض کیهانی درنظر می‌گیرد. این جریان در محیطی که او آن را «فوق فضا[۳]» می‌نامد رخ می‌دهد؛ این فضائی با ابعاد نامحدود است که

در آن هر نقطه می‌تواند به هندسهٔ کامل یک عالم مربوط شود.

در فوق فضا، تقریباً برای هر نوع عالم قابل تصوری ــ عالم‌هائی که بعد از چند دقیقه نابود می‌شوند یا عالم‌هائی با تمام ستارگان سبز یا سرخ ــ جائی وجود دارد. بیشتر این عالم‌های فوق فضا، مرده متولد می‌شوند و در آنها از حیات خبری نیست. ویلر با هاوکینگ و کارتر موافق است که عالم خود ما، حتی اگر در گوشه‌ای کوچک و گم شده هم قرار گرفته باشد، باز هم کاملاً مناسب وجود حیات است.

از این دیدگاه، انسان می‌تواند اشرف مخلوقات کامل خلقت باشد. عالم در راهی است که هست، زیرا ما با آن تکامل یافته‌ایم. ویلر حتی مدعی است که عالمی که در آن تکامل زندگی به شکست انجامیده است عالمی شکست خورده است. و کسی که معتقد شده است که عالمی چنان بنا شده که زندگی در آن به تکامل نرسیده باشد، در وهلهٔ اول نمی‌توانسته است به وجود آمده باشد.

ویلر این موضوع را اصل «مشاهده»[4] می‌نامد. این اصل گسترشی است از اندیشهٔ کوانتوم که طبق آن بدون وجود یک ناظر، فیزیک زیراتمی معنی ندارد. از نظر ویلر، ما در عالمی وابسته به ناظر و مشارکتی زندگی می‌کنیم. تمام قوانین فیزیکی وابسته به حضور ناظری است که فرمول آنها را تنظیم کند.

درواقع، او ادعا کرده است که قوانین فیزیک خود شمارشگری از هیچ اولیه ــ آنتروپی کل ــ اند. عالم بدون ناظر، به هیچ وجه معنائی ندارد.

اخیراً، برخی از فیزیکدانان برآن شدند تا بین کار خود و اندیشه‌هائی که در پشت تصوف[5] شرقی قرار دارند، ارتباطی پیدا کنند. آنان می‌پذیرند که پارادوکس‌ها، غرایب و احتمالات و همچنین وابستگی ناظری[6]،

3. superspace. 4. observership. 5. mysticism.

مکانیک کوانتوم در نوشته‌های هندویی، بودایی و تائویی پیش‌بینی شده است. مکانیک کوانتوم، که این به اصطلاح فیزیکدانان جدید شیفتهٔ آن هستند، درواقع تنها کشف دوبارهٔ شیوا یا مهادوا[۷]، خدای شاخدار هندوست که مظهر تخریب و نابودی کیهانی است.

طبق مدارک مربوط به سدهٔ سوم یا چهارم پیش از میلاد، شیوا دارای شکل‌های گوناگونی است. یکی از این صورت‌ها ناتاراجه[۸]، خدای چهار دست رقص کیهانی که در حال رقص، دَمَر بر روی زمین تصویر شده است. رقص این خدا مظهری است از فرایند دائمی آفرینش و تباهی عالمگیر. ماده به هیچ وجه مطرح نیست؛ این صرفاً گردش پویا و موزون آمد و رفت انرژی است.

دیوید بوم[۹]، استاد فیزیک نظری در دانشکده دانشکدهٔ برکبک[۱۰]، یکی از این نظریه‌پردازان جدید است. او معتقد است که توانایی اندیشهٔ انسانی در جذب واقعیات عالی‌تر بر اثر علم سنتی انکار و ندیده گرفته می‌شود. علم معیار (استاندارد) هدفی مرده است زیرا تجربه را به صورت قطعات مجزا مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد. اندیشهٔ انسان ــ و مخصوصاً اندیشهٔ

6. oberver-dependence.

۷. Shiva یا Mahadeva ، لفظ سانسکریت به معنای سعادتمند و خوش یمن. سومین تشخص تثلیث هندو که با برهما و وشنو تثلیث آیین هندو را تشکیل می‌دهد. شیوا نمایندهٔ نابودی و تجدید حیات بعد از آن است و بیش از هزار اسم دارد که از جنبهٔ خلاقیت آن را مهادوا و از جنبهٔ تخریب هیموت می‌نامند و کالی و دورگا از دیگر اسامی اوست.

شیوا را از جنبه‌های گوناگون به شکل‌های متفاوت مجسم کرده‌اند. معمولاً او را به صورت مردی عبوس نمایش می‌دهند که بر پوست ببر نشسته است. چشم سومی در میان پیشانی و هلالی بر سر دارد. مرکوب وی نره گاوی سفید است. به نقل از دایرةالمعارف فارسی به سرپرستی غلامحسین مصاحب.

8. Natarja. 9. David Bohm. 10. Birkbeck College.

فیزیکدان ــ نیاز مبرمی به آن دارد که مقولات را بر تجربه تحمیل کند.

در نتیجه، بافت نامخدوش واقعیت فیزیکی به صورت رویدادهای جداگانه‌ای تقسیم می شود که به نظر می رسد فقط به موازات یکدیگر یا بخش های متفاوت زمان و فضا رخ می دهند.

بوم مدعی است که با درک تصوف شرقی فیزیکدانان می توانند افکارشان را، دست‌کم، از این زندان خودآفریده به منظور دستیابی به یک لحظهٔ آفرینش علمی، آزاد کنند.

بریان جوزفسن[11]، یکی از همکاران هاوکینگ در کمبریج، شدیداً به روش های تفکر شرقی مشغول است. جوزفسن که برندهٔ نوبل سال ۱۹۷۳ است، دربارهٔ ارتباط بین هوش انسانی و جهانی که مشاهده می‌کند نگران است. او به این نتیجه رسیده است که با درک تصوف شرقی، انسان بینش لازم را نسبت به واقعیت عینی به دست خواهد آورد.

هاوکینگ گفت: «فکر می‌کنم این چیزی است کاملاً مهمل». من از روی دفترچهٔ یادداشت سربرداشتم و به او نگاه کردم. او دستور داد: «بله بنویس، مهمل محض است».

ما، در یک صبح اواخر بهار در دفترش بودیم. دربارهٔ ارتباط بین انفجار بزرگ و خدا و اصل آنتروپی صحبت کرده بودیم. من خواسته بودم بدانم که او نسبت به اشتیاق برخی فیزیکدانان برای یافتن ارتباطی بین مبادلات انرژی ــ مادهٔ فیزیک کوانتوم، و چرخه های آفرینش ــ تباهی تصوف شرقی، چه می اندیشید. نیلز بوهر[12]، پیشتاز کوانتوم، نیز اظهار داشت که این تلاش بیهوده‌ای است که سعی شود تا مکانیک کوانتوم، به عنوان تختهٔ پرش اندیشه های مذهبی، افسانه ای یا روان‌شناختی تجربی به کار برده شود.

11. Brian Josephson. 12. Niels Bohr.

هاوکینگ گفت: «عالم تصوف شرقی یک پندار بیهوده است. فیزیکدانی که می‌کوشد آن را با کار خویش مربوط کند از فیزیک دست کشیده است».

در ۲۹ آوریل ۱۹۸۰، هاوکینگ رسماً به عنوان استاد ریاضیات لوکاسی[۱۳] کمبریج مشغول به کار شد. این سمت یکی از عالی‌ترین سمت‌های دانشگاهی است و ترفیع او به این مقام یک دستاورد بسیار مهم بود. سخنرانی آغاز کار او تحت عنوان «آیا پایان فیزیک نظری نزدیک است؟» توسط یکی از دانشجویانش به جای او خوانده شد.*

هاوکینگ گفت: عقیده‌اش آن است که بشر به زودی به نظریهٔ جدید دست خواهد یافت که توضیح خواهد داد که عالم در ابتدای کار شبیه چه چیز بود و چرا امروز این رفتار فعلی را دارد. این مستلزم آن خواهد بود که از چهار نیروی مشاهده شده در طبیعت استنباط محکم‌تری به دست آید. کلید کار در یک نظریهٔ کوانتومی گرانی است که طی بیست سال به سهولت می‌تواند ظهور کند. هاوکینگ صحبت را با آنچه «توضیح هشداردهندهٔ مختصر» نامید، به پایان رساند.

او گفت: «فعلاً، کامپیوترها هدف سودمندی در تحقیق‌اند، اما آنها باید مورد هدایت اندیشه‌های انسان قرار گیرند. به هر حال، اگر انسان سرعت پیشرفت اخیر کامپیوترها را درنظر بگیرد، کاملاً محتمل به نظر خواهد رسید که آنها روی هم رفته در فیزیک نظری میدان‌دار خواهند شد.

«بنابراین، اگر نه برای فیزیک نظری، اما شاید برای فیزیکدانان نظری

۱۳. Lucasian Professor of Mathematics ، آیزاک نیوتن و پل دیراک نیز تصدی این کرسی را برعهده داشتند.

* متن کامل این سخنرانی در پایان کتاب آورده شده است.

پایان کار نزدیک باشد».

بحث من و هاوکینگ دو سال پس از این سخنرانی صورت گرفت. من مخصوصاً دربارهٔ ملاحظات پایانی سخنرانی او متحیر بودم. او گفت: «نکته این است که ما در بیست ــ یا پنجاه ــ سال گذشته چنان راهی طولانی پیموده‌ایم که انسان نمی‌تواند امید داشته باشد که چنین سرعت پیشرفتی به طور نامحدود ادامه داشته باشد.

بنابراین فکر می‌کنم روی‌هم‌رفته امکان دارد که ما یا در باتلاق فروریم و پیشرفت بیشتری نداشته باشیم یا اینکه به زودی، احتمالاً طی بیست سال دیگر، به آن نظریهٔ وحدت یافته خواهیم رسید».

از هاوکینگ راجع به آیندهٔ خودش در فیزیک پرسیدم.

او گفت: «تا جائی که به فیزیک نظری مربوط می‌شود، من فعلاً در بالای تپه هستم. درواقع بسیار بالاتر از بالای تپه». او در ژانویه ۱۹۸۲ به چهل سالگی رسید. او با دیدگاه عملگرایانهٔ خاصی که مشخص کنندهٔ نبردش علیه نابرابری شگفت‌انگیز دو دههٔ گذشته بوده است، توضیح داد که:

«خوب، می‌دانید که غالب بهترین کارهای فیزیک نظری را افرادی بسیار جوان ــ افرادی معمولاً در دههٔ بیست عمر ــ انجام می‌دهند. بنابراین چهل سالگی مرحله‌ای در زندگی نیست که کسی انتظار داشته باشد کشفیات عظیمی در فیزیک نظری انجام دهد».

دلیل مورد ادعای هاوکینگ آن بود که شخص با پیر شدن، چابکی ذهنی خود را از دست می‌دهد. او گفت: «واشخاص جوان هم چیزی بهتر نمی‌دانند، [اما] وقتی که آنان به اندیشهٔ بنیادی تازه‌ای می‌رسند، از اینکه شانس خود را آزمایش کنند واهمه‌ای ندارند».

انسان متحیر می‌شود که چه چیزی هاوکینگ را به ادامهٔ کار وا می‌دارد. آیا این لجاجت است که حتی در هنگام آنفلوانزا یا سرماخوردگی شدید هم از اینکه یک روز دست بردارد اکراه دارد؟ یا نوعی استحکام فکری، نوعی سرسختی است که هاوکینگ را برآن می‌دارد که میل به شکایت نداشته باشد و حتی احتمالاً نمی‌خواهد در این مورد فکر هم بکند؟ وضعی که مردانی کوچکتر را می‌توانسته است نابود کرده باشد.

احتمالاً تا حدودی این، هر دو علت آن است. استیون هاوکینگ مرد بسیار پرطاقتی است، پرطاقت‌ترین مردی که تا به حال دیده‌ام. اما موضوع از این هم فراتر می‌باشد. او پیشرفته‌ترین مخلوق مغزی کامل سیارهٔ ماست، مردی که برای اندیشیدن زندگی می‌کند.

او می‌گوید: «فکر می‌کنم طی دو دههٔ آینده، احتمالاً با گام‌های کوچک پی در پی به نظریهٔ وحدت‌بخش خواهیم رسید. اما می‌دانید، وقتی که به آن دست بیابیم، [آن نظریه] شادمانی فیزیک نظری را تقریباً از میان برخواهد داشت».

ضمیمه

یک سخنرانی آغاز کار

آیا پایان فیزیک نظری نزدیک است؟

در این سخنرانی می خواهم دربارهٔ احتمال اینکه هدف فیزیک نظری ممکن است در آینده‌ای نه چندان دور، مثلاً، تا پایان قرن فعلی تحقق یابد، بحث کنم. منظورم از این گفته این است که ممکن است نظریه‌های کامل، سازگار و وحدت‌یافتهٔ اثرات متقابل (همکنش های) فیزیکی داشته باشیم که بتوانند از عهدهٔ توضیح هر چه مشاهده شدنی است برآیند. البته باید در مورد چنین پیش بینی هائی بسیار محتاط بود: دست‌کم پیش از این، دوبار پنداشته‌ایم که بر آستانهٔ سنتز نهایی قرار گرفته ایم. در آغاز قرن فعلی این اعتقاد وجود داشت که برحسب مکانیک پیوستار[1] هر چیزی درک شدنی است. اندازه گرفتن تعدادی ضریب کشش، ناروائی، رسانایی و جز آنها کل لوازم کار را تشکیل می داد. با کشف ساختار اتمی و مکانیک

1. continuum mechanics.

کوانتوم این امید فروریخت. بار دیگر در اواخر دهۀ ۱۹۲۰ ماکس بورن[۲] به گروهی از دانشمندان که از گوتینگن دیدار می‌کردند گفت که «فیزیک آن طور که ما آن را می شناسیم طی شش ماه به پایان خواهد رسید». این سخن مدتی کوتاه بعد از کشف معادلۀ دیراک[۳] که بر رفتار الکترون حاکم است، عنوان شد. پل دیراک متصدی پیشین کرسی لوکاسی[۴] بود.

انتظار می رفت که معادلۀ مشابهی هم بر پروتون، تنها ذرۀ بنیادی فرضی دیگر که در آن زمان شناخته شده بود، حاکم باشد. اما کشف نوترون و نیروهای هسته‌ای این امید را برباد داد. ما اکنون درواقع می دانیم که نه پروتون و نه نوترون هیچ یک ذرۀ بنیادین نیست، بلکه از ذرات کوچکتر ساخته شده‌اند. با این همه در سال‌های اخیر پیشرفت‌های بسیاری کرده‌ایم و چنان که شرح خواهم داد زمینه‌های خوش‌بینانۀ احتیاط‌آمیزی وجود دارد که ممکن است در عمر بعضی از کسانی که در اینجا حضور دارند، شاهد نظریۀ کاملی باشیم.

حتی اگر به نظریۀ وحدت‌یافتۀ کاملی دست بیابیم، قادر نخواهیم بود که جز در روشن‌ترین موارد، پیش‌بینی های مفصلی انجام دهیم. مثلاً، ما هم اکنون قوانین فیزیکی حاکم بر همه چیز را می دانیم و در زندگی روزانه تجربه می‌کنیم: همان طور که دیراک خاطرنشان کرد معادله‌اش بنیاد «بخش اعظم فیزیک و کل شیمی» بود. اما ما توانسته‌ایم که این معادله را فقط برای ساده‌ترین نظام، یعنی اتم هیدروژن که از یک پروتون و یک

۲. Max Born ، ۱۲۶۱ — ۱۳۴۹/ ۱۸۸۲ — ۱۹۷۰؛ فیزیکدان بریتانیایی آلمانی الاصل که دربارۀ نظریۀ کوانتوم کار می‌کرد.

۳. [Adrien Maurice Paul Dirac]، فیزیکدان نظری بریتانیایی، متولد ۱۲۸۱/۱۹۰۲، پایه گذار ترمودینامیک کوانتوم.

۴. به پانوشت فصل پیش مراجعه شود.

نوترون تشکیل می‌شود، حل کنیم. در مورد اتم‌های پیچیده‌تر با الکترون‌های بیشتر، تا چه رسد به مولکول‌های دارای بیش از یک هسته، مجبوریم که به تخمین‌ها و حدس‌های مستقیم که ارزش آنها مورد تردید است، متوسل شویم.

در مورد دستگاه‌های کلان (ماکروسکوپی) متشکل از تعداد $۱۰^{۲۳}$ ذره یا بیشتر، ناگزیریم که روش‌های آماری را به کار ببریم و از هرگونه ادعای حل دقیق معادلات دست بکشیم. اگرچه در اصل معادلاتی را می‌دانیم که بر کل زیست‌شناسی حاکم‌اند، اما نتوانسته‌ایم مطالعهٔ رفتار انسان را به شاخه‌ای از ریاضیات کاربردی تبدیل کنیم.

منظور ما از یک نظریهٔ کامل و وحدت‌یافتهٔ فیزیک چیست؟ تلاش‌های ما در مورد نمونه‌برداری از واقعیت فیزیکی معمولاً شامل دو بخش است:

۱ــ مجموعه‌ای از قوانین محلی که بر کمیات متعدد فیزیکی حاکم‌اند. این قوانین معمولاً به صورت معادلات دیفرانسیل بیان می‌شوند.

۲ ــ مجموعه‌هائی از شرایط حدّی که وضعیت برخی از نواحی عالم را در زمان معینی به ما می‌گویند و نیز اثراتی را که پس از آن زمان از بقیهٔ عالم در آن نواحی نشر می‌یابند.

شاید بسیاری از مردم مدعی شوند که نقش علم به مورد اول محدود می‌شود و هنگامی که ما مجموعهٔ کاملی از قوانین فیزیکی محلی به دست بیاوریم فیزیک نظری به هدفش می‌رسد. به نظر آنان مسئلهٔ اوضاع اولیهٔ عالم مربوط به فلمرو متافیزیک یا دین است. این نگرش به نحوی مانند

نگرش کسانی است که در سده‌های پیشین با گفتن اینکه تمام پدیده‌های طبیعی کار خداست و نباید در آنها پژوهید، مایهٔ دلسردی تحقیقات علمی می‌شدند. به عقیدهٔ من اوضاع اولیهٔ عالم، موضوعی است که به اندازهٔ قوانین فیزیکی محلی، درخور مطالعهٔ علمی و شایستهٔ نظریهٔ علمی است و تا هنگامی که کاری بیشتر از این انجام ندهیم که بگوییم «چیزها همان‌طور هستند که هستند زیرا همان طور بودند که بودند»، به نظریهٔ کاملی دسترسی پیدا نخواهیم کرد.

مسئلهٔ یگانه بودن اوضاع اولیه با قراردادی بودن یا دلخواه بودن قوانین فیزیکی اولیه ارتباط خیلی نزدیک دارد: اگر نظریه‌ای شامل تعدادی پارامتر قابل تنظیم از قبیل جرم یا ثابت جفت‌شدگی[۵] باشد که بتوان به آنها هر مقدار دلخواه داد، آن نظریه را نمی‌توان کامل تلقی کرد. درواقع به نظر می‌رسد که نه اوضاع اولیه نه ارزش‌های پارامترها، هیچ یک در نظریهٔ دلبخواه نباشد، بلکه تا حدودی برگزیده‌اند یا با دقت بسیار دست‌چین می‌شوند. مثلاً اگر تفاوت جرم پروتون- نوترون تقریباً دوبرابر جرم الکترون نبود، انسان نمی‌توانست حدود دویست هستوی[۶] پایدار یا بیشتر بیابد که سازندهٔ عناصرند و پایهٔ شیمی و زیست‌شناسی به شمار می‌روند. همین‌طور اگر جرم گرانشی پروتون به نحو درخور اهمیتی متفاوت می‌بود، ستارگانی که در آنها این هستوها بتوانند ساخته شوند وجود نداشته و اگر انبساط اولیهٔ عالم قدری کوچکتر یا بزرگتر می‌بود، عالم یا قبل از تکامل چنین ستارگانی مضمحل می‌شد، یا چنان به سرعت انبساط می‌یافت که ستارگان هرگز بر

۵. coupling constants ، عددی است که وقتی دو دستگاه با هم جفت شوند درجهٔ تأثیر عمل هریک بر دیگری را نشان می‌دهد.

۶. nucleid [nucleoid] به معنای هستو. این واژه را نخستین بار استاد احمد بیرشک در کتاب «رهبر علم» به کار برده‌اند و به معنای هسته‌نما و شبیه هسته است.

اثر تراکم گرانشی تشکیل نمی‌شدند. درواقع، بعضی اشخاص چنان پا را فراتر گذاشته‌اند که این محدودیت‌ها را به سطح اوضاع اولیه و پارامترها را تا وضعیت یک اصل، اصل آنتروپی، ارتقا داده، به طوری که می‌توان چنین تفسیر کرد که «چیزها همان‌اند که هستند، زیرا ما همانیم که هستیم». طبق یک تفسیر این اصل، تعداد بسیار زیادی از عالم‌های مستقل متفاوت با ارزش‌های متفاوتِ پارامترهای فیزیکی و اوضاع اولیهٔ متفاوت وجود دارد. بیشتر این عالم‌ها اوضاع مناسب را برای توسعهٔ ساختارهای پیچیدهٔ لازم جهت زندگی هوشمندانه فراهم نخواهند کرد. تنها در تعداد معدودی از عالم‌ها، با اوضاع و پارامترهائی نظیر عالم خود ما، گسترش حیات توأم با اندیشه و طرح این سئوال که «چرا عالم آن طوری است که ما می‌بینیم؟» ممکن خواهد بود. پاسخ، البته این است که اگر غیر از این می‌بود، آنگاه کسی که چنین پرسشی را مطرح کند؛ وجود نمی‌داشت.

اصل آنتروپی در مورد بسیاری از مناسبات عددی در خور اهمیت که در بین ارزش‌های پارامترهای متفاوت فیزیکی مشاهده می‌شوند، نوعی توضیح به دست می‌دهد. به هر حال، این اصل کاملاً رضایت‌بخش نیست؛ انسان نمی‌تواند وجود نوعی توضیح عمیق‌تر را احساس کند. همچنین در مورد تمام نواحی عالم هم صادق نیست. مثلاً، منظومهٔ شمسی ما محققاً یک پیش‌شرطی است برای وجود ما و همین‌طور است وجود نسلی جلوتر از ستارگان مجاور که در آنها عناصر سنگین می‌توانسته‌اند به کمک همنهاد (سنتز) هسته‌ای تشکیل شده باشند. حتی ممکن است، [به خاطر وجود ما] وجود کل کهکشان ما لازم بوده باشد. اما هیچ ضرورتی به وجود سایر کهکشان‌ها [به خاطر وجود ما] نیست و می‌توان از یک میلیارد کهکشان یا بیش از آن که می‌بینیم، و تقریباً به طور یکنواخت در سرتاسر عالم مشاهده‌پذیر پراکنده‌اند، [برای این منظور] صرف‌نظر کرد. این

همگنی بزرگ مقیاس عالم، اعتقاد به یک دیدگاه اشرف مخلوقاتی انسان[7] در عالم را بسیار دشوار می‌کند. به همین دلیل به سختی می‌توان باور کرد، که ساختاری جنبی، مثل برخی ساختارهای مولکولی پیچیدهٔ یک سیارهٔ کوچک که در مدار یک ستارهٔ بسیار متوسط در حواشی بیرونی یک کهکشان مارپیچ نسبتاً مشخص قرار دارد، در تعیین ساختار عالم نقشی داشته باشد.

اگر نخواهیم که به اصل آنتروپی متوسل شویم، برای توجیه اوضاع اولیهٔ عالم و ارزش‌های پارامترهای فیزیکی گوناگون به نوعی نظریهٔ وحدت‌بخش نیاز خواهیم داشت. به هر حال، اندیشیدن به یک نظریهٔ کامل که در مورد همه چیز مصداق داشته باشد، کار بسیار دشواری است (اگرچه به نظر نمی‌رسد که بعضی از افراد از آن دست بردارند؛ هر هفته دو یا سه نظریهٔ وحدت‌یافته با پست به من می‌رسد). درعوض، آنچه ما انجام می‌دهیم آن است که در جست و جوی نظریه‌های موقتی باشیم که به توضیح موقعیت‌هائی بپردازند که در آنها اثرات متقابل معینی نادیده گرفته می‌شوند، یا به رفتاری روشن نزدیک باشند. ما نخست محتوای مادی عالم را به دو بخش تقسیم می‌کنیم: ذرات «ماده» مثل کوارک‌ها، الکترون‌ها، موئون‌ها و غیره و «اثرات متقابل» از قبیل گرانی، الکترومغناطیس و نظایر آن. ذرات مادی با میدان‌های با چرخش مضارب نیمدرست[8] توصیف

7. anthropocentric.

8. one-half-integer spin ، چرخش یک ذره به ما می‌گوید که ذره از جهات مختلف چگونه به نظر می‌آید. منظور از چرخش خاصیت درونی ذرات بنیادی است که با مفهوم روزانهٔ ما از چرخش ارتباط دارد، اما با آن یکی نیست. هر چیز در عالم از جمله نور و گرانی را می‌توان به صورت ذرات توضیح داد. این ذرات خاصیتی دارند که چرخش نامیده می‌شود. می‌توان این طور تصور کرد که نقاطی دور محوری بچرخند؛ اگرچه این تصوری گمراه‌کننده است زیرا مکانیک کوانتوم به ما می‌گوید که ذرات محور مشخصی ندارند. با

می‌شوند و از اصل طرد پاولی[۹] پیروی می‌کنند که مانع از وجود بیش از یک ذرهٔ معین در هر حالت است. به این دلیل است که می‌توانیم اجسام جامدی داشته باشیم که تا مرحلهٔ تبدیل به یک نقطه مضمحل نمی‌شوند یا تشعشع آنها تا بی‌نهایت نیست. بنیادهای مادی به دو گروه تقسیم می‌شوند، هادرون‌ها[۱۰]، که از کوارک‌ها تشکیل می‌شود و لپتون‌ها که بقیه را تشکیل می‌دهند.

اثرات متقابل از دیدگاه پدیده‌شناختی به چهار طبقه تقسیم می‌شوند. از نظر قدرت عبارتند از: نیروهای هسته‌ای پرقدرت، که فقط با هادرون‌ها اثر متقابل دارند؛ الکترومغناطیس؛ که در تأثیر متقابل با همهٔ هادرون‌های باردار و لپتون‌هاست؛ و سرانجام گرانی، که تاکنون ضعیف‌ترین نیروهاست و بر همه چیز تأثیر دارد. آثار متقابل توسط میدان‌های با چرخش مضارب درست[۱۱] که از اصل طرد پاولی پیروی نمی‌کنند معرفی می‌شوند. این بدان مناسبت که آنها درهمان وضع می‌توانند ذرات بسیاری داشته باشند. در مورد الکترومغناطیس و گرانی، آثار متقابل بلند مدت هم هستند، به معنای این که میدان‌های تولید شده توسط تعداد کثیری از ذرات مادی، همه می‌توانند برهم انباشته شوند تا میدانی به وجود آورند که بتوان در مقیاس کلان (ماکروسکوپی) آن را کشف کرد. به این دلایل اینها

استفاده از کتاب *A Brief History of Time* اثر استیون هاوکینگ.

۹. Pauli exclusion principle ، این اصل را وولفگانگ پاولی فیزیکدان اتریشی در ۱۹۲۴ مطرح کرد. طبق اصل مذکور هیچ دو الکترونی از یک اتم نمی‌توانند دارای چهار شمارهٔ کوانتومی یکنواخت باشند. این چهار شماره خصوصیات اصلی هر الکترون، از جمله انرژی و اندازهٔ حرکت زاویه‌ای آن را شرح می‌دهند. اصل طرد ــ یکی از مهمترین دستاوردهای نظریهٔ کوانتوم ــ برای ویژگی دوره‌ای خصوصیات عناصر، توضیحی به دست می‌دهد. به نقل از دایرة‌المعارف امریکانا، ج ۱۰، ص ۷۵۳، چ ۱۹۷۳.

10. hadrons.

11. integer-spin fields.

[آثار متقابل] از نخستین مواردی بودند که نظریه‌های مربوط به آنها گسترش یافت ــ گرانی توسط نیوتن در قرن هفدهم و الکترومغناطیس توسط ماکسول در قرن نوزدهم گسترش یافت. اما این نظریه‌ها اساساً ناسازگار بودند، زیرا در صورتی که کل دستگاه دارای هر سرعت یکنواختی می‌بود، نظریهٔ نیوتنی تغییرناپذیر[12] می‌ماند در حالی که نظریهٔ ماکسول از سرعتی ترجیحی، یعنی سرعت نور سخن می‌گفت. در پایان معلوم شد که این نظریهٔ گرانی نیوتن است که باید در جهت سازگاری با ویژگی های ثابت نظریهٔ ماکسول تغییر کند. نظریهٔ نسبیت عام اینشتین که در ۱۹۱۵ تنظیم شد به این موضوع دست یافت.

نظریهٔ نسبیت عام گرانی و نظریهٔ الکترودینامیک ماکسول چیزی بودند که نظریات کلاسیک نامیده می شدند، یعنی آنها متضمن کمیاتی بودند که به طور پیوسته تغیر می‌کردند و می‌توانستند، دست کم در اصل، با صحتی دلخواه اندازه‌گیری شوند. اما هنگامی که سعی شد تا از این نظریه‌ها برای نمونه‌برداری اتمی استفاده شود، مشکلی به وجود آمد. قبلاً کشف شده بود که اتم از هسته‌ای کوچک با بار مثبت که در احاطهٔ ابری از الکترون‌های منفی می‌باشد، تشکیل شده است. فرض طبیعی این بود که الکترون‌ها مثل زمین که در مداری گرد خورشید می‌چرخد، بر مدار اطراف هسته حرکت می‌کنند. به هر حال، نظریهٔ کلاسیک پیش‌بینی می‌کرد که الکترون‌ها باید امواج الکترومغناطیس منتشر کنند. این امواج ناقل انرژی‌اند و باعث خواهند شد که الکترون‌ها حرکتی مارپیچی به سوی هسته انجام دهند و موجب اضمحلال اتم شوند.

این مسئله توسط آنچه بدون تردید بزرگترین دستاورد در فیزیک نظری این قرن است، یعنی کشف نظریهٔ کوانتوم؛ حل شد. فرض بنیادی این

12. invariant.

[نظریه] اصل عدم قطعیت هایزنبرگ است که می‌گوید جفت‌های معینی از کمیات، از قبیل موقعیت و اندازهٔ حرکت یک ذره، را نمی‌توان به طور همزمان با صحت دلخواه اندازه گیری کرد. در مورد اتم، این بدان معنی بود که الکترون در پایین‌ترین تراز انرژی خود در هسته نمی‌توانست حالت سکون داشته باشد، زیرا در آن صورت موقعیت و سرعت آن هر دو دقیقاً تعریف می‌شد. در عوض الکترون می‌توانست با مقداری پراکندگی احتمالی اطراف هسته را غبارآلود کند. در این حالت الکترون نمی‌توانست به صورت امواج الکترومغناطیس انرژی پخش کند، زیرا دیگر تراز انرژی پائین‌تری که به آن برسد وجود نمی‌داشت.

در دهه‌های ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ مکانیک کوانتوم با موفقیت بسیار برای دستگاه‌هایی چون اتم یا مولکول، که درجات آزادی‌شان صرفاً محدود است، به کار برده شد. اما هنگامی که سعی شد، این نظریه در مورد میدان الکترومغناطیس، که درجات آزادیش نامحدود است و تقریباً هر نقطهٔ فضا-زمان دو درجهٔ آزادی دارد، به کار برده شود، مشکلات ظهور کرد. این درجات آزادی را می‌توان به عنوان نوسانگرها تلقی کرد که هر یک دارای موقعیت و اندازهٔ حرکت خویش است. نوسانگرها نمی‌توانند در سکون باشند زیرا در آن صورت موقعیت‌ها و اندازه‌های حرکت‌شان باید دقیقاً تعریف شده باشد. درعوض هر نوسانگر باید کمترین مقدار از آنچه را «افت و خیزهای نقطهٔ صفر[۱۳]» و انرژی غیرصفر نامیده می‌شود، داشته باشد. انرژی‌های افت و خیزهای نقطهٔ صفر تمام درجات آزادی نامحدود موجب خواهد شد که جرم و بار ظاهری الکترون نامحدود شود.

در اواخر دههٔ ۱۹۴۰ روشی موسوم به بازبهنجاری[۱۴] گسترش یافت، تا

13. «zero-point fluctuations».

۱۴. renormalization ؛ حذف بی‌نهایت‌ها با معرفی بی‌نهایت‌های دیگر که اگرچه از نظر

بر این مشکل غلبه کند. این روش عبارت بود از تفریق دلخواه کمیات نامحدود معین به قسمی که باقیمانده‌ها محدود شوند. در مورد الکترودینامیک انجام دو تفریق از این دست لازم بود، یکی برای جرم و دیگری برای بار الکترون. این روش بازبهنجاری هیچ‌گاه پایهٔ مفهومی یا ریاضی محکمی نداشته است، اما در عمل کاملاً به خوبی کار کرده است. توفیق بزرگ این روش در پیش‌بینی یک جابجائی کوچک، یعنی تغییر مکان لمب[15] در برخی از خطوط طیف هیدروژن اتمی بود. اما، از دیدگاه تلاش‌هائی که برای ساختن یک نظریهٔ کامل به عمل می‌آید رضایتبخش نیست؛ زیرا در مورد ارزش‌های باقیمانده‌های محدود حاصل از انجام تفریق‌های نامحدود هیچ نوع پیش‌بینی انجام نمی‌دهد. از این رو، برای توضیح اینکه چرا الکترون این جرم و بار را دارد باید به عقب بازگردیم و به اصل آنتروپی متوسل شویم.

در خلال دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ کلاً این اعتقاد وجود داشت که نیروهای هسته‌ای ضعیف و پرقدرت بازبهنجارپذیر نیستند؛ یعنی آنها تعدادی نامحدود از تفریقات نامحدود و لازم داشتند تا آنها را محدود کند. تعداد نامحدودی از باقیمانده‌های محدود وجود داشت، که به کمک نظریه معلوم نمی‌شد. یک چنین نظریه‌ای قدرت پیش‌بینی نداشت، زیرا انسان هرگز نمی‌توانست تمام پارامترهای نامحدود را اندازه‌گیری کند. اما در ۱۹۷۱ تهوفت[16] نشان داد که یک نمونه وحدت‌یافته از آثار متقابل الکترومغناطیس و [نیروی] ضعیف که پیشتر از آن توسط سلام و واینبرگ پیشنهاد شده بود، درواقع تنها با تعداد محدودی از تفریقات نامحدود بازبهنجارپذیر بود. در نظریهٔ سلام- واینبرگ فوتون، ذرهٔ چرخش-۱[17] که

ریاضی روشی است مبهم اما به‌نظر می‌رسد که عملاً مؤثر است.

15. Lamb shift. 16. 't Hooft.

حاصل اثر متقابل الکترومغناطیس است، به سه ذرهٔ همراه دیگر چرخش-۱ به نام‌های W^+، W^- و Z^0 ملحق می‌شود. پیش‌بینی می‌شود که این چهار ذره همه در انرژی‌های بسیار بالا، رفتاری مشابه داشته باشند. اما در انرژی‌های پایین‌تر پدیده‌ای موسوم به «شکست تقارن خود به خود»[۱۸] دخالت دارد تا این واقعیت که هر جا که W^+، W^- و Z^0 همگی بسیار عظیم باشند صفر بودن جرم سکون پروتون را توضیح دهد. پیش‌بینی‌های انرژی پایین این نظریه در مشاهده مورد توافق کامل قرار گرفته است و این، فرهنگستان سوئد را سال گذشته بر آن داشت تا جایزهٔ نوبل را به سلام، واینبرگ و گلاشاو که نظریه‌های وحدت‌یافتهٔ مشابهی ساخته بودند، اعطا کند. اما گلاشاو خود اظهار داشت که کمیتهٔ نوبل درواقع با این کار دست به قمار زد زیرا ما هنوز شتابگرهای ذرات پرانرژی کافی در اختیار نداریم که این نظریه را در حالتی که در آن وقوع وحدت بین نیروهای الکترومغناطیس را، که توسط فوتون حمل می‌شود، و نیروهای ضعیف، که توسط W^+، W^- و Z^0 حمل می‌شود، مورد آزمایش قرار دهیم. طی چند سال آینده شتابگرهای به اندازهٔ کافی پرقدرت آماده خواهند شد و بیشتر فیزیکدانان یقین دارند که نظریهٔ سلام- واینبرگ مورد تأییدشان قرارخواهد

۱۷. spin ــ ۱، ذره‌ای که چرخش آن صفر است مثل یک نقطه است و از هر جهات یکسان به نظر می‌آید. ذرهٔ با چرخش-۱ مثل یک پیکان است و از جهات مختلف، متفاوت به نظر می‌آید و تنها بعد از یک دور کامل (۳۶۰ درجه) مثل حالت اول دیده می‌شود. ذرهٔ با چرخش-۲ مثل یک پیکان دوطرفه است و بعد از نیم چرخش (۱۸۰ درجه) به حالت نخست درمی‌آید. اما ذراتی هستند که بعد از یک بار چرخش به حالت اول درنمی‌آیند و برای رسیدن به حالت اول باید دو بار چرخیده شوند! این ذرات را ذرات با چرخش ½ می‌نامند.

با استفاده از: *A Brief History of Time*

18 «spontaneous symmerry breaking».

گرفت.

توفیق نظریهٔ سلام- واینبرگ به تحقیقی در زمینهٔ یک نظریهٔ بازبهنجار پذیر مشابه از اثرات متقابل پرقدرت منتهی شد. تقریباً در همان اوایل کار محقق شد که پروتون و هادرون‌های دیگر از قبیل مزون‌پی[۱۹] حقیقتاً نمی‌توانستند ذرات بنیادی باشند، بلکه آنها باید حالات مقیدی از ذرات دیگر موسوم به کوارک باشند. به نظر می‌رسد که اینها ویژگی غریبی دارند که اگرچه می‌توانند به نحو نسبتاً آزادانه‌ای با یک هادرون حرکت کنند، اما ظاهراً غیرممکن است که یک کوارک به تنهایی به دست آید؛ آنها همیشه یا به صورت گروه‌های سه‌تایی (مثل پروتون یا نوترون) یا به صورت جفت‌هائی متشکل از یک کوارک و ضد کوارک (مثل مزون‌پی) ظاهر می‌شوند. برای توضیح این مطلب، کوارک‌ها با رنگ مشخص شدند. باید تأکید شود که این موضوع هیچ ارتباطی با تصور معمولی ما از رنگ ندارد؛ کوارک‌ها بسیار کوچکتر از آنند که به کمک نور مرئی رؤیت شوند. اعتقاد بر این است که کوارک‌ها به سه رنگ — قرمز، سبز و آبی — ظاهر می‌شوند، اما هر حالت مقید مستقل از قبیل یک هادرون باید بی‌رنگ یا ترکیبی از قرمز، سبز و آبی مثل پروتون یا مخلوطی از قرمز و ضدقرمز، سبز و ضدسبز و آبی و ضدآبی، مثل مزون‌پی باشد.

فرض می‌شود که اثرات متقابل نیرومند بین کوارک‌ها توسط ذرات چرخش-۱ موسوم به گلوئون، نسبتاً شبیه به ذرات ناقل اثر متقابل ضعیف، حمل شود. گلوئون‌ها نیز ناقل رنگ‌اند و آنها و کوارک‌ها از یک نظریهٔ بازبهنجار پذیر به نام رنگ‌پویایی کوانتوم[۲۰] یا به طور مختصر QCD پیروی می‌کنند، یکی از نتایج روش بازبهنجار پذیری آن است که ثابت جفت‌شدگی مؤثر این نظریه به انرژی‌ای مربوط است که در آن

19. pi meson. 20. quantum chromodynamics.

اندازه گیری می شود و در انرژی های بسیار بالا به صفر تقلیل می یابد. این پدیده به عنوان آزادی مجانبی[۲۱] مشهور است. معنای آن این است که کوارک های درون یک هادرون تقریباً مثل ذرات آزاد در تصادمات پرانرژی رفتار می‌کنند به طوری که می توان آثار متقابل آنها را به کمک نظریهٔ اختلالات[۲۲] به نحو موفقیت آمیزی مورد بحث قرار داد. پیش‌بینی های نظریهٔ اختلالات با مشاهدات، انطباق کیفی منطقی دارند، اما هنوز واقعاً نمی توان مدعی بود که این نظریه از لحاظ تجربی روشن شده است. در انرژی‌های پایین ثابت جفت‌شدگی مؤثر بسیار عظیم می شود و نظریهٔ اختلالات را در هم می شکند. امید است که این «بردگی فروسرخ[۲۳]» توضیح دهد که چرا کوارک ها همیشه به حالات مقید بی رنگ منحصراند، اما تاکنون هیچ کس نتوانسته است این موضوع را به نحو واقعاً متقاعد کننده ای نشان دهد.

با داشتن یک نظریهٔ بازبهنجار پذیر برای اثرات متقابل نیرومند و نظریهٔ دیگری برای آثار متقابل الکترومغناطیس و ضعیف، کاوش برای یک نظریهٔ ادغامی از این دو تا، امری طبیعی بود. به چنین نظریه هائی عنوان نسبتاً مبالغه‌آمیز «نظریه های وحدت یافتهٔ بزرگ» یا گوت ها اطلاق می شود. این، تا حدودی گمراه کننده است، زیرا نظریه های مورد نظر نه همه بزرگ اند و نه کاملاً وحدت یافته و نه نظریه های کاملی که در آن پارامترهائی از بازبهنجارسازی نامعین از قبیل ثابت های جفت‌شدگی و جرم ها وجود داشته باشد. با این همه وجود این نظریه ها ممکن است گامی به سوی یک نظریهٔ وحدت یافتهٔ کامل باشند. اندیشهٔ اصلی آن است که ثابت جفت‌شدگی مؤثر اثرات متقابل، که در انرژی های پایین بزرگ است،

21. asymptotic freedom.

22. perturbation theory.

23. «infrared slavery».

به دلیل آزادی مجانبی انرژی‌های بالا تدریجاً کاهش می‌یابد. از طرف دیگر ثابت جفت‌شدگی مؤثر نظریهٔ سلام- واینبرگ، که در انرژی‌های پایین کوچک است، انرژی بالا تدریجاً افزایش می‌یابد، زیرا این نظریه مجانباً آزاد نیست. اگر میزان انرژی پایین افزایش یا کاهش ثابت‌های جفت‌شدگی درنظر گرفته شود، معلوم می‌شود که در انرژی‌ای در حدود 10^{15} جیگا الکترون ولت[۲۴] دو ثابت جفت‌شدگی برابر می‌شوند. این نظریه‌ها مدعی‌اند که بالاتر از این انرژی، اثرات متقابل نیرومند با اثرات متقابل ضعیف و الکترومغناطیس وحدت می‌یابند، اما در انرژی‌های پایین‌تر شکست تقارن خود به خود وجود دارد.

انرژی‌ای برابر با 10^{15} جیگا الکترون ولت، چیزی غریب و فراسوی چشم‌انداز هر تجربهٔ آزمایشگاهی است: نسل موجود شتابگرهای ذرات می‌توانند کانون انرژی‌ای در حدود 10^{15} جیگا الکترون ولت تولید کنند و نسل آینده انرژی‌ای برابر ۱۰۰ جیگا الکترون ولت یا بیشتر تولید خواهد کرد. این مقدار انرژی برای تحقیق دامنهٔ انرژی که در آن نیروهای الکترومغناطیس باید با نیروهای ضعیف طبق نظریهٔ سلام- واینبرگ وحدت یابند، کفایت می‌کند، اما پاسخگوی انرژی بسیار بالائی که در آن وحدت آثار متقابل ضعیف و الکترومغناطیس با آثار متقابل نیرومند تحقق یابد، نیست. با این همه، پیش‌بینی‌های کم‌انرژی‌ای از نظریه‌های وحدت‌یافتهٔ بزرگ می‌توانند وجود داشته باشند که ممکن است در آزمایشگاه قابل آزمایش باشند. مثلاً، نظریه‌ها پیش‌بینی می‌کنند که پروتون نباید کاملاً ثابت باشد و باید در مدت 10^{31} سال که طول عمرش حساب می‌شود، از بین برود. حد تجربی پایین فعلی عمر آن در حدود 10^{30} سال است و امکان افزایش این حد باید وجود داشته باشد.

۲۴. GeV، جیگا (۱۰۹) الکترون ولت؛ G حرف اول کلمهٔ Giga به معنای میلیارد است.

پیش‌بینی مشاهده‌پذیر دیگری به نسبت باریون‌ها و فوتون‌های عالم مربوط می‌شود. به نظر می‌رسد که قوانین فیزیک برای ذرات و پاد ذرات یکنواخت باشد. از این هم دقیق‌تر آنکه اگر جای ذرات با پاد ذرات، دست راست با دست چپ عوض شود و سرعت کل ذرات معکوس گردد، باز هم قوانین به قوت خود باقی است. این به عنوان قضیهٔ CPT[۲۶] مشهور است و نتیجهٔ فرضیاتی بنیادی است که باید در هر نظریهٔ منطقی مصداق داشته باشد. اما زمین و درواقع کل منظومهٔ شمسی بوجود آمده از پروتون‌ها و نوترون‌هاست و هیچ پادپروتون و پادنوترونی در آن نیست. درواقع، یک چنین بی‌تعادلی بین ذرات و پادذرات، هنوز یک موقعیت قیاسی[۲۷] دیگری برای وجود ماست، زیرا اگر منظومهٔ شمسی از مخلوطی مساوی از ذرات و پادذرات تشکیل شده بود، تمام آنها یکدیگر را از بین می‌بردند و فقط تشعشع باقی می‌ماند. از عدم وجود مشهود چنین تشعشع ناشی از تباهی، می‌توانیم نتیجه بگیریم که کهکشان ما به جای پادذرات کلاً از ذرات ساخته شده است. در مورد کهکشان‌های دیگر ادلهٔ مستقیمی در دست نداریم، اما به نظر می‌رسد که احتمالاً آنها هم از ذرات تشکیل یافته باشند و اینکه در عالم به طور کلی ذرات بر پادذرات فزونی داشته باشند و مقدار این فزونی در حدود یک ذره در هر $۱۰^۸$ فوتون است. می‌توان سعی کرد تا با استعانت از اصل آنتروپی این موضوع را توجیه کرد، اما نظریه‌های وحدت‌یافتهٔ بزرگ واقعاً مکانیسم محتملی برای توضیح بی‌تعادلی فراهم می‌سازند. اگرچه به نظر می‌رسد که تمام آثار متقابل طبق ترکیبی از C (ذرات جانشین توسط ضدذرات)، P (تغییر دست راستی به دست چپی) و T (عکس جهت زمان) تغییرناپذیرند، اما معروف است که آثار متقابلی وجود دارند که تنها برحسب T تغییرناپذیر نیستند. در عالم اولیه، که در آن بر اثر

25. baryons. 26. CPT theorem. 27. *a priori*.

انبساط، بردار بسیار مشخصی از زمان وجود دارد، این آثار متقابل می‌توانند بیش از یاد ذرات، ذرات را تولید کنند. اما تعدادی که به‌وجود می‌آورند کاملاً وابسته به نمونه است، به طوری که انطباق در مشاهده، وجود نظریه‌های وحدت یافتهٔ بزرگ را به سختی تأیید می‌کند.

تاکنون بیشتر تلاش اختصاص به وحدت بخشیدن سه مقوله ابتدائی آثار متقابل فیزیکی، یعنی نیروهای هسته‌ای ضعیف و قوی و الکترومغناطیس، داشته است. چهارمین و آخرین مقوله، یعنی گرانی، فراموش شده است. یک توجیه این قضیه آن است که گرانی چنان ضعیف است که اثرات گرانشی کوانتوم تنها بر انرژی‌های ذراتی زیاد خواهند بود که بالاتر از توان تولید در هر شتابگر ذره‌ای است. توجیه دیگر آن است که به نظر نمی‌رسد گرانی بازیهنجار پذیر باشد: برای دستیابی به پاسخ‌های معین به نظر می‌رسد که باید تعداد نامحدودی از تفریقات نامحدود متناسب با تعداد نامحدودی از باقیمانده‌های محدود نامعین صورت گیرد. با این حال اگر قصد آن است که یک نظریهٔ کاملاً وحدت‌یافته به دست آید، باید گرانی به حساب آورده شود. علاوه بر این، نظریهٔ مرسوم نسبیت عام پیش‌بینی می‌کند که باید انفرادهای فضا- زمانی وجود داشته باشد که در آنها میدان گرانشی به نحو نامحدودی نیرومند باشد. این انفرادها در گذشته به هنگام آغاز انبساط (فعلی) عالم (انفجاربزرگ) رخ داده و در آینده در اضمحلال گرانشی ستارگان و احتمالاً اضمحلال خود عالم بروز خواهند کرد. پیش‌بینی انفرادها فرضاً معلوم می‌کند که نظریهٔ مرسوم [نسبیت عام] درهم خواهد شکست. اما به نظر می‌رسد دلیلی وجود ندارد که چرا باید درهم شکند، مگر اینکه میدان گرانشی به قدر کافی نیرومند شود به قسمی که اثرات گرانشی کوانتوم واجد اهمیت شوند. از این رو اگر می‌خواهیم عالم اولیه را توصیف کنیم و برای اوضاع اولیه توضیحی به دست دهیم که

فراسوی توسل محض به اصل آنتروپی باشد، وجود یک نظریهٔ کوانتوم گرانی، از واجبات است.

اگر می خواهیم به این پرسش ها که «آیا زمان واقعاً آغازی دارد و آیا آن طور که توسط نسبیت عام کلاسیک پیش بینی شد، احتمالاً پایانی دارد و آیا انفرادهای انفجار بزرگ و اضمحلال بزرگ به طریقی ناشی از آثار کوانتوم است؟» پاسخ دهیم، باز هم یک چنین نظریه‌ای الزامی است. مادامی که حتی ساختار فضا و زمان خود در معرض اصل عدم قطعیت است، یافتن یک معنای کامل برای این پرسش ها کار دشواری است. احساس شخصی من آن است که احتمالاً هنوز هم انفرادها وجود دارند، هرچند که با استفاده از ادراک ریاضی معینی می توان آنها را متعلق به گذشته دانست. به هر حال، هرگونه مفهوم ذهنی از زمان که به آگاهی یا توانایی انجام اندازه گیری ها مربوط می شد، پایانی داشت.

چشم‌اندازهای دستیابی به یک نظریهٔ کوانتوم گرانی و وحدت بخشیدن آن با سه مقولهٔ دیگر آثار متقابل چیست؟ به نظر می رسد که بهترین امید در گسترشی از نسبیت عام به نام فوق گرانی قرار داشته باشد. در این مورد گراویتون، یعنی ذرهٔ چرخش-۲[۲۸] که حاصل اثر متقابل گرانشی است، به تعدادی از میدان های دیگر از چرخش پایین‌تر توسط به اصطلاح تبدیلات فوق تقارن مربوط می شود. یک چنین نظریه‌ای امتیاز بزرگتری دارد که بر دوگانگی قدیمی بین «ماده»، که توسط ذرات با چرخشی از مضارب نیمدرست معرفی می شود، و «آثار متقابل»، که توسط ذرات با چرخشی از مضارب درست معرفی می شود، غلبه می یابد. این امتیاز بزرگ را نیز دارد که بسیاری از کمیات نامحدود منبعث از نظریهٔ کوانتوم یکدیگر را حذف می‌کنند. اینکه حذف کل آنها منجر به نظریه‌ای

28. spin-2.

محدود بدون هرگونه تفریقات نامحدود شود یا نه، هنوز معلوم نیست. امید است که چنین چیزی حاصل شود، زیرا می‌توان نشان داد که نظریه‌های متضمن گرانی یا محدودند یا ناپازبهنجار پذیر[۲۸]؛ یعنی، اگر انسان ناگزیر از هرگونه تفریقات نامحدود باشد، آن گاه ناچار خواهد بود که تعداد نامحدودی از آنها را با تعداد نامحدود متناسبی از باقیمانده‌های نامعین بسازد. بنابراین اگر تمام کمیات نامحدود فوق گرانی می‌خواستند یکدیگر را حذف کنند، می‌توانستیم نظریه‌ای داشته باشیم که نه فقط کل ذرات مادی و آثار متقابل را متحد می‌ساخت، بلکه به مفهومی که هیچ گونه پارامترهای بازبهنجارسازی نامعین را نمی‌داشت، نیز کامل می‌بود.

اگرچه ما هنوز یک نظریهٔ کوانتومی گرانی خاص نداریم، صرف‌نظر از نظریه‌ای که آن را با سایر آثار متقابل فیزیکی متحد می‌سازد، اما از برخی ویژگی‌هائی که باید داشته باشد تصوری در دست داریم. یکی از این ویژگی‌ها به این حقیقت ارتباط دارد که گرانی بر ساختار اتفاقی فضا- زمان تأثیر می‌گذارد؛ یعنی گرانی تعیین می‌کند که واقعه‌ها می‌توانند به طور اتفاقی به یکدیگر مربوط باشند. نمونه‌ای از این مورد در نظریهٔ مرسوم نسبیت عام توسط یک سیاهچال فراهم می‌شود: سیاهچال ناحیه‌ای از فضا- زمان است که در آن میدان گرانشی چنان نیرومند است که هر نور یا علامت دیگر به درون آن کشیده می‌شود و نمی‌تواند به جهان بیرون بگریزد. میدان گرانشی شدید نزدیک سیاهچال باعث ایجاد جفت‌های ذرات و پادذرات می‌شود که یکی از آنها به درون سیاهچال می‌افتد و دیگری به بی‌نهایت می‌گریزد. به نظر می‌آید ذره‌ای که می‌گریزد توسط سیاهچال گسیل شده باشد. ناظری با فاصلهٔ معین از سیاهچال می‌تواند فقط ذرات راهی شده به بیرون آن را اندازه‌گیری کند و نمی‌تواند بین آنها و

29. nonrenormalizable.

ذراتی که در سیاهچال می افتند ارتباطی برقرار کند، زیرا قادر به مشاهدهٔ آنها نیست. این بدان معناست که ذرات بیرون رونده درجهٔ بی مقصدی یا پیش بینی ناپذیری فوق العاده‌ای، بالاتر از آنچه معمولاً با اصل عدم قطعیت همراه است، دارند. در وضعیت های عادی اصل عدم قطعیت دلالت بر آن دارد که انسان می تواند به طور محدود موقعیت یا سرعت یک ذره یا ترکیبی از موقعیت و سرعت را پیش بینی کند. بنابراین، به طور کلی، توانایی انسان در انجام پیش بینی های معین نصف می شود. امّا، در مورد ذرات گسیل شده از یک سیاهچال، این واقعیت که انسان نمی تواند آنچه را که درون سیاهچال می گذرد مشاهده کند، بدان مفهوم است که نمی توان به طور محدود نه موقعیت و نه سرعت ذرات گسیل شده را پیش بینی کرد. همهٔ کاری که می شود کرد، انجام احتمالاتی است که به گسیل ذرات در حالات معین مربوط می شود.

بنابراین، به نظر می رسد که حتی اگر به یک نظریهٔ وحدت یافته هم دست بیابیم، ممکن است بتوانیم که فقط پیش بینی های آماری انجام دهیم. ما باید از دیدگاه وجود یک عالم منحصر که قادر به مشاهده‌اش باشیم دست برداریم. در عوض، باید تصویری را بپذیریم که در آن مجموعه‌ای از کل عالم های محتمل با نوعی پراکندگی احتمالی وجود دارد. این می تواند توضیح دهد که چرا عالم در انفجار بزرگ تقریباً در تعادل گرمایی کامل آغاز شد، زیرا تعادل گرمایی با بزرگترین رقم پیکربندی های خُرد (میکروسکوپی) و از آنجا بزرگترین احتمال، انطباق دارد. با یاری از اعتقاد پنگلاس فیلسوف ولتر می توان گفت که «ما در محتمل ترین همهٔ جهان های ممکن زندگی می کنیم»[۳۰].

۳۰. Pangloss، شخصیت مهم داستان فلسفی ولتر موسوم به ساده‌دل است که به خاطر خوشبینی علاج ناپذیرش شهرت دارد. او خوشبینی خویش را با تکرار این اصل که «همه ◄

چشم‌اندازهای دستیابی به یک نظریهٔ وحدت‌یافتهٔ کامل در آیندهٔ نه‌چندان دور چیست؟ هر بار که مشاهدات خود را به مقیاس‌های کوچکتر و انرژی‌های بالاتر گسترش داده‌ایم، رگه‌های ساختاری تازه‌ای کشف کرده‌ایم. در ابتدای قرن حاضر، کشف حرکت براونی با یک ذرهٔ انرژی‌ای مشخص ۳×۱۰^{-۲} الکترون‌ولت نشان داد که ماده پیوسته نیست، بلکه ساخته شده از اتم‌هاست. کمی پس از آن کشف شد که این اتم‌های فرضاً تقسیم ناپذیر از الکترون‌هائی ساخته شده و پیرامون هسته‌ای می چرخند که انرژی‌هایش فقط از مرتبهٔ چند الکترون‌ولت است. در عوض معلوم شد که هسته از به اصطلاح ذرات بنیادی پروتون و نوترون مرکب است که با پیوندهای هسته‌ای دارای مرتبهٔ $۱۰^{۶}$ الکترون‌ولت در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. آخرین صحنهٔ این داستان آن است که ما دریافته‌ایم که پروتون و نوترون از کوارک‌ها ساخته شده‌اند که با پیوندهائی از مرتبهٔ $۱۰^{۲}$ الکترون‌ولت در کنار یکدیگرند. این ستایشی است از پیشرفتی که تاکنون در فیزیک نظری کرده‌ایم و اینک ماشین‌های عظیم و مبالغ هنگفتی پول را به تجربه‌ای اختصاص می‌دهیم که دستاوردهایش را نمی‌توانیم پیش‌بینی کنیم.

تجربهٔ گذشتهٔ ما می‌تواند حاکی از این باشد که دامنهٔ نامحدودی از رگه‌های ساختاری در انرژی‌های بسیار بالاتر وجود دارد. درواقع، یک چنین دیدگاه واپس‌گرایی نامحدود مشت در مشت، اصول عقاید رسمی چین تحت فرمان گروه چهارنفره بود. به هرحال به نظر می‌رسد که گرانی باید حدی داشته باشد اما این حد فقط در مقیاس طولی بسیار کوتاه $۱۰^{-۳۳}$ سانتیمتر یا انرژی بسیار بالای $۱۰^{۲۸}$ الکترون‌ولت است. در مقیاس‌های طولی کوتاهتر از این، می توان انتظار داشت که فضا- زمان از رفتار شبیه به

چیز برای بهترین در این بهترین همهٔ جهان‌های محتمل است» نشان می داد.

یک پیوستار یکنواخت باز ماند و به دلیل افت و خیزهای میدان گرانشی کوانتوم، ساختاری کف مانند به دست می‌آورد.

بین حد تقریباً $۱۰^{۱۰}$ الکترون‌ولت تجربی فعلی ما و قطع گرانشی $۱۰^{۲۸}$ الکترون‌ولت ناحیهٔ نامکشوف بسیار عظیمی وجود دارد. ممکن است ساده‌لوحانه به نظر آید که مثل آنچه نظریه‌های وحدت‌یافتهٔ بزرگ فرض می‌کنند، فرض شود که در این فاصلهٔ بسیار عظیم فقط یک یا دو رگهٔ ساختاری وجود داشته باشد. به هر حال برای خوشبینی زمینه‌هائی وجود دارد: در حال حاضر کم به نظر می‌رسد که گرانی می‌تواند با سایر اثرات متقابل فیزیکی تنها در نوعی نظریهٔ فوق گرانی وحدت یابد. به نظر می‌آید که فقط تعدادی معین از این نظریه‌ها وجود داشته باشد. مخصوصاً، یکی از بزرگترین آنها به نام به اصطلاح $N = ۸$ فوق گرانی توسعه‌یافته وجود دارد. این نظریه محتوی یک گراویتون، هشت ذرهٔ چرخش $۳/۲$-۳۱ به نام گراویتینو[۳۲]، بیست و هشت ذرهٔ چرخش-۱، پنجاه تا شصت ذرهٔ چرخش-$۱/۲$ و هفتاد ذرهٔ چرخش صفر[۳۳] است. هر چند که این شماره‌ها بزرگ‌اند، امّا بزرگی‌شان چندان نیست که بتوانند تمام ذراتی که به نظر می‌رسد آنها را در آثار متقابل نیرومند و ضعیف می‌بینیم، پاسخ دهند. مثلاً، نظریهٔ $N = ۸$ بیست و هشت ذرهٔ چرخش-۱ دارد. این ذرات برای توجیه گلوئون‌های ناقل اثرات متقابل نیرومند و دو ذره از چهار ذره که حامل آثار متقابل ضعیف‌اند، و نه دو ذرهٔ دیگر، کفایت می‌کنند. بنابراین باید قبول کرد که بسیاری یا غالب ذرات مشاهده شده از قبیل گلئون‌ها یا کوارک‌ها آن طور که فعلاً به نظر می‌رسند واقعاً بنیادی نیستند بلکه حالات مقیدی از ذرات اساسی $N = ۸$ هستند. احتمال ندارد که ما چنان شتابدهنده‌های به اندازهٔ کافی نیرومندی داشته باشیم که این ساختارهای

31. spin-3/2. 32. gravitino. 33. spin 0.

مرکب را در آیندهٔ قابل پیش‌بینی، مورد کاوش قرار دهیم؛ یا مخصوصاً اگر انسان بر اساس روش‌های اقتصادی جاری پیش‌بینی کند، درواقع هرگز چنین چیزی عملی نخواهد بود. با این همه این واقعیت که این حالات مقید از نظریهٔ جامع $N = 8$ منبعث بوده باید به ما امکان دهد که پیش‌بینی هائی به عمل آوریم که بتوان در انرژی های قابل دستیابی فعلی یا آیندهٔ نزدیک آنها را مورد آزمایش قرار داد. بنابراین، ممکن است وضع شبیه به نظریهٔ سلام- وابنبرگ در مورد وحدت بخشیدن آثار متقابل الکترومغناطیس و ضعیف باشد. پیش‌بینی های کم‌انرژی این نظریه چنان انطباق مطلوبی با مشاهدات دارند که نظریهٔ مذکور، هم‌اکنون به طورکلی پذیرفته شده است، حتی اگر چه ما هنوز به انرژی‌ای نرسیده‌ایم که باید وحدت را مقدور سازد.

در مورد نظریهٔ شارح عالم باید چیز بسیار مشخصی وجود داشته باشد. چرا در حالی که نظریه‌های دیگر فقط در افکار مبدعان خود وجود دارند یک چنین نظریه‌ای باید متولد شود؟ نظریهٔ فوق گرانی $N = 8$ برخی ادعاهای خاصّ خود دارد. به نظر می‌رسد که این تنها نظریه‌ای است که :

۱ ــ چهاربعدی است،
۲ ــ گرانی را به کار می‌گیرد،
۳ ــ بدون هیچ گونه تفریقات نامحدود، محدود است.

پیش از این خاطرنشان ساخته‌ام که اگر می‌خواهیم یک نظریهٔ کامل بدون پارامتر داشته باشیم، سومین ویژگی ضرورت دارد. به هر حال، دشوار است که بدون توسل به اصل آنتروپی ویژگی های ۱ و ۲ را توجیه کرد. به نظر می‌رسد که یک نظریهٔ منطقی وجود داشته باشد که با ویژگی های ۱ و

۳ سازگاری دارد، اما گرانی را دربر نمی گیرد. به هر حال، در یک چنین عالمی، احتمالاً نیروهای جاذبهٔ کافی برای اجتماع ماده به صورت توده‌هائی که احتمالاً برای گسترش ساختارهای پیچیده ضرورت دارند، وجود نخواهند داشت. اینکه چرا فضا- زمان باید چهاربعدی باشد؟ پرسشی است که معمولاً خارج از قلمرو فیزیک در نظر گرفته می شود. به هر حال، استدلال مطلوبی مربوط به اصل آنتروپی، برای آن نیز در دست است. سه بعد فضا ــ زمان ــ یعنی دو بعد فضا و یک بعد زمان ــ به وضوح برای هر ارگانیسم پیچیده کافی نیست. از طرف دیگر، اگر بیش از سه بعد فضایی وجود می داشت، مدارات سیارات اطراف خورشید یا الکترون‌های پیرامون هسته ناپایدار می‌شدند و به حرکت مارپیچی به سوی داخل گرایش می یافتند. آن گاه احتمال وجود بیش از یک بعد زمان باقی می ماند، اما من شخصاً تصور یک چنین عالمی را بسیار دشوار می یابم.

تا اینجا من به طور ضمنی فرض کرده‌ام که یک نظریهٔ نهایی وجود دارد. اما آیا چنین است؟ دست کم سه احتمال وجود دارد:

۱ ــ یک نظریهٔ وحدت یافتهٔ کامل وجود داشته باشد.

۲ ــ نظریهٔ نهایی وجود نداشته باشد، بلکه دامنهٔ نامحدودی از نظریه‌ها وجود داشته باشد، چنان که هرگونه مشاهدات خاصی را بتوان با استفاده از یک نظریهٔ به اندازهٔ کافی دور از زنجیر نظریه‌ها، پیش‌بینی کرد.

۳ــ نظریه‌ای وجود ندارد. مشاهدات را نمی‌توان فراتر از نقطه‌ای معین توضیح داد یا پیش‌بینی کرد، مگر صرفاً به صورت دلخواه.

سومین دیدگاه به عنوان استدلالی علیه دانشمندان سده‌های هفده و هجده رونق یافت. «آنان چطور توانستند قوانینی را که آزادی خدا را در

تغییر اندیشه‌اش تقلیل می‌دهد بیان کنند؟». با این همه، آنان چنین کاری کردند و موفق هم شدند. در عصر حاضر ما احتمال ۳ را با یکی کردن آن در طرح خویش به نحوی مؤثر حذف کرده‌ایم: مکانیک کوانتوم الزاماً نظریه‌ای است از آنچه نمی‌دانیم و نمی‌توانیم پیش‌بینی کنیم.

احتمال ۲ به تصویری از دامنهٔ نامحدود ساختارها در انرژی‌های بسیار بالاتر خواهد انجامید. همان طور که قبلاً گفتم، این بعید به نظر می‌رسد، زیرا باید انتظار داشت که در انرژی پلانک $۱۰^{۲۸}$ الکترون‌ولت، قطعی به وجود آید. این ما را در مقابل احتمال ۱ قرار می‌دهد. در حال حاضر نظریهٔ $N = ۸$ فوق گرانی تنها نامزدی است که در چشم‌انداز قرار دارد. این احتمال وجود دارد که یک سری محاسبات قطعی در چند سال آینده به عمل آید که احتمال نامطلوب بودن این نظریه را نشان دهد. اگر نظریه در این آزمایش‌ها موفق شود، احتمالاً چند سال دیگر طول خواهد کشید تا روش‌های محاسباتی را گسترش دهیم تا ما را قادر سازد که پیش‌بینی‌هائی انجام دهیم و بتوانیم شرایط اولیهٔ عالم و همچنین قوانین فیزیکی موضعی را توجیه کنیم. طی بیست سال آینده یا بیش از آن مسائل برجستهٔ فیزیکدانان نظری همین‌ها خواهد بود. اما در پایان این یادداشت نسبتاً هشدار دهنده، ذکر این نکته لازم است که دیگر وقتی بیش از آن نخواهد داشت. در حال حاضر، کامپیوترها ابزار مفیدی در تحقیق‌اند، اما آنها باید مورد هدایت اندیشه‌های انسانی قرار گیرند. به هر حال، اگر سرعت رشد اخیر آنها درنظر گرفته شود، کاملاً ممکن به نظر خواهد رسید که کامپیوترها روی‌هم‌رفته در فیزیک نظری میدان‌دار خواهند شد. بنابراین اگر نه برای فیزیک نظری اما شاید برای فیزیکدانان نظری پایان کار نزدیک باشد.

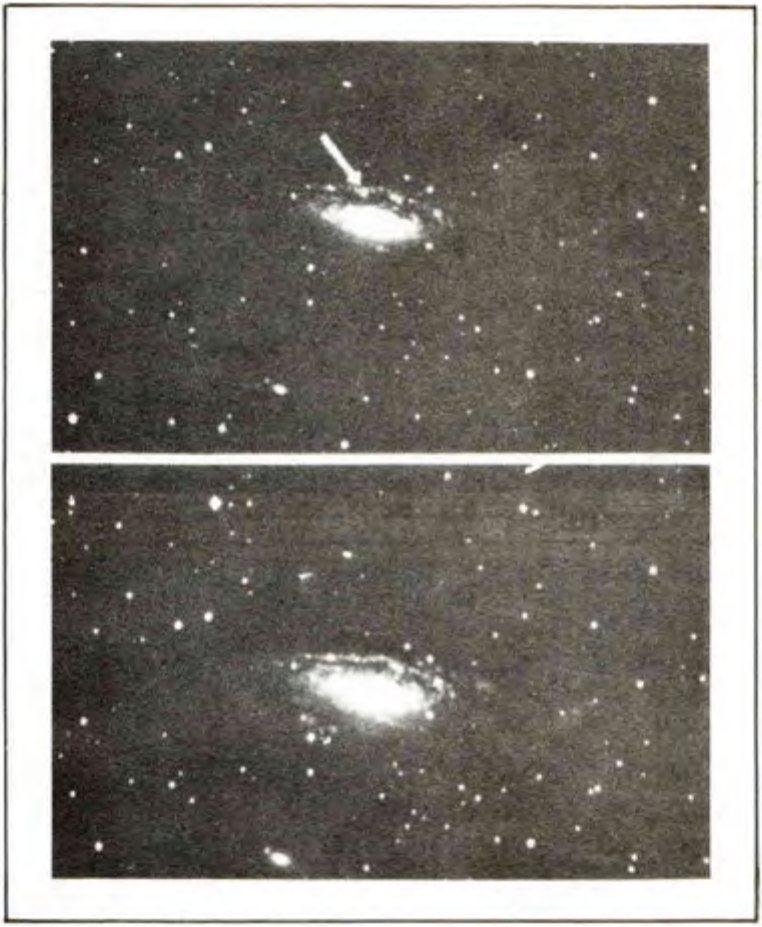
تصاویر

۱ ــ استون هاوکینگ در دفتر کارش در کمبریج.

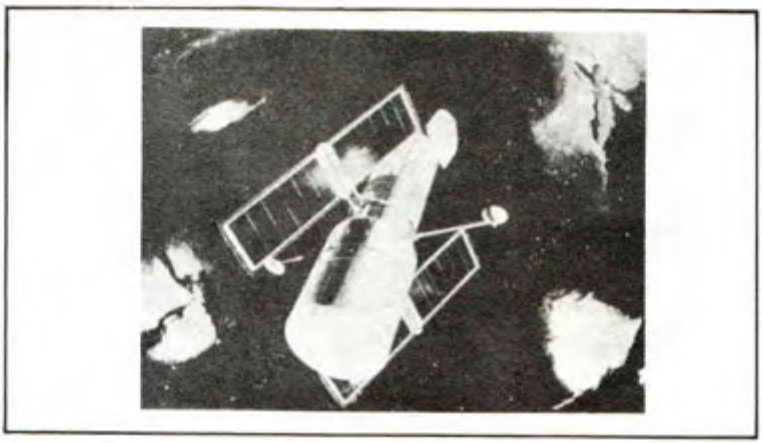
۲ ــ هاوکینگ ضمن تحقیق در خانه با رابرت و تیموتی.

۳ ــ هاوکینگ با دانشجویان در دانشگاه کمبریج.

۱ ــ آزمایشگاه ملی شتابدهندهٔ فرمی. آزمایشگاه فرمی که در بتاویای ایلی‌نویز مستقر است یکی از بزرگترین شتابدهنده‌های ذرات جهان به شمار می‌رود. دانشمندان با استفاده از این «تمشک‌ها» به کشف جهان جدید و متنوع ذرات زیراتمی می‌پردازند، و این ذرات ممکن است سرانجام چیزی برای گفتن داشته باشند و به ما بگویند که عالم واقعی اولیه چگونه بوده و بتوان به کمک آنها نظریهٔ وحدت یافته‌ای پیدا کرد که کل پدیده‌ها را توضیح دهد.



۵ — ۱۷-S، ابری گازی، که ممکن است محتوی یک سیاهچال باشد.



۶ ــ تلسکوپ فضایی. هنگامی که ناسا در اواخر دههٔ ۱۹۸۰ تلسکوپ فضایی را به کار اندازد، دانشمندان را قادر خواهد ساخت که بیش از پیش به اعماق فضا بنگرند. فیزیکدانان پیش‌بینی می‌کنند که آنچه در آنجا خواهند دید کار نظریه‌پردازانی چون هاوکینگ را در مورد وجود سیاهچال‌ها و انفرادها تأیید خواهد کرد.

۷ ــ ابر هازلاتی عظیم، یک کهکشان اقماری راه شیری، پرتوهای مجهول نیرومندی گسیل می‌دارد که به اعتقاد دانشمندان ممکن است دلیل بر وجود سیه‌چالی در آن باشد.

۸ ــ راجر پن رز، همکار هاوکینگ. آنها در دههٔ ۱۹۶۰ به اتفاق موفق شدند ثابت کنند که زمان در وقع آغازی دارد.

۹ ــ هاوکینگ در حال دریافت دکتری افتخاری از دانشگاه پرینستون ۱۹۸۲.

فهرست برخی از انتشارات مؤسسه

- واژه‌شناسی در قرآن تألیف علیرضا صدرالدینی
- آشنایی با زبان قرآن تألیف علیرضا صدرالدینی
- واقعهٔ صفین در تاریخ ترجمهٔ کریم زمانی
- هیچکس جرأت ندارد ترجمه دکتر حاجتی
- بحران بزرگ دههٔ ۱۹۹۰ ترجمهٔ رضا ستدگل
- عالم اینشتین نوشته نیجل کالدر / ترجمه رضا ستدگل
- توپ برفی (عملیات اسرائیل در لبنان) ترجمهٔ محمود شمس
- یکنفر در برابر پنجهزار نفر (عملیات نوتر، جاسوس اسرائیل در مصر)
- سایه‌های قدرت ترجمهٔ کرم میرزائی
- ریاضیات پیش دانشگاهی ترجمه عادل ارشقی
- برگزیده مسائل ریاضی ترجمهٔ عادل رشقی
- روشهای ریاضیات ترجمهٔ عادل ارشقی
- اصول و کاربردهای مثلثات ترجمهٔ عادل ارشقی
- مهارت‌یابی در ریاضیات دبستانی تألیف عادل ارشقی
- چهل سال در صحنه خاطرات دکتر جلال عبده
- روزنامهٔ خاطرات ناصرالدین شاه به کوشش دکتر رضوانی و خانم قاضیها
- در کنار پدرم؛ مصدق خاطرات دکتر غلامحسین مصدق
- سالهای بحران خاطرات ناصرخان قشقایی
- کهنه سرباز ۱ خاطرات سرهنگ مصور رحمانی
- کهنه سرباز ۲ سفرنامهٔ سرهنگ مصور رحمانی

«یک انسان خارق‌العاده که مقدر بود به منزلهٔ گالیله، نیوتن و انیشتین برسد»

«هاوکینگ تنها کسی است که از لحاظ تسبیت، فیزیک ذرات بنیادی را درک می‌کند. او مردی خارق‌العاده و همکاری کاملاً حیرت‌آور است»

(به نقل از مقدمه کتاب)

۷۵۰ ریال