چاپ دوم

نیم نگاه

از ارسطو تا هایزنبرگ

مسعود خیام

نیم نگاه

«حقیقت» تعبیر ما از «واقعیت» است.

مسعود خیام

نیم نگاه

ناشر

فیپا

+

شناسنامه

به شهروز – امیر – پدرام
برای نجات غریق، دانسته
و این کتاب، نادانسته.

ارستو می‌گوید: اگر می‌خواهید نوشته شما خوانده شود و مورد استفاده قرار گیرد، (۱) به شیوهٔ خردمندان بیندیشید (۲) با زبان مردم بیان کنید.

در اجرای فرمان تاریخی استاد، قسمت اول که شوخی است، اگر تا حدودی به قسمت دوم نزدیک شده باشم پاداشم را گرفته‌ام.

فهرست

مقدمه ۱۰
ارسطو ۱۲
آسمان ۱۶
فیزیک ۱۷
هستی شناسی ۲۰
منطق ۲۱
فن خطابه ۲۲
اخلاق ۲۳
سیاست ۲۴
شعر ۲۶
متافیزیک ۲۷
نفس ۲۸
برخورد متفکران اسلامی ۲۹
نمونه‌ای از برخورد متفکران معاصر ۴۷
مطلق پنداری ۵۲
شب به خیر آقای ارسطو ۵۹
منطق ریاضی ۶۳
گوتلوب فرگه ۶۴
آلفرد نورت وایتهد ۷۴
برتراند راسل ۷۹
دیوید هیلبرت ۸۴
کورت گودل ۹۰
مکانیک کوانتوم ۹۹

ماکس پلانک ۱۰۱
آلبرت اینشتین ۱۰۵
نسبیت ۱۰۷
نیلز بور ۱۲۲
لویی دوبروی ۱۲۵
ولفگانگ پاولی ۱۲۶
اصل طرد ۱۲۷
اروین شرودینگر ۱۲۸
ورنر هایزنبرگ ۱۲۹
کنفرانس ۱۹۲۷ سلوای ۱۳۳
پل دیراک ۱۳۶
انریکو فرمی ۱۳۸
ریچارد فینمن ۱۴۰
سرنشین سورتمهٔ فضائی سرگردان ۱۴۷
ضمیمه‌ها ۱۸۰
نمایه ۲۳۴
مراجع و کتابشناسی ۲۳۶

بسیاری بخش‌های این کتاب سراپا ریاضی است که با زبان غیر ریاضی نوشته می‌شود. جوهرهٔ ریاضیات در آزادی آن است.

مقدمه

نیمه شب یا شروع صبح، ساعت چهار بامداد، سواحل نور، دارم در دریای متلاطم شنا می‌کنم، با وزن صد کیلوگرم، با قلب فنر دار، در سن شصت و نه سالگی، هیچ چیز لذت بخش‌تر از شنای نیمه‌شب نیست، کرال سینه و قورباغه، دکتر قلبم ممنوع کرده، تا سواحل روسیه رسیده‌ام، اگر شوروی بود نمی‌رفتم، مأمور مرزبانی آنطرف، از مشاهدهٔ شناگر مایو پوش بدون گذرنامه حیرت می‌کند، مانع می‌شود، ناگزیر به بازگشت هستم، به ساحل خودی نزدیک می‌شوم، یکی دو متر بیش‌تر نمانده، یک‌دفعه احساس می‌کنم قلبم کار نمی‌کند، از فرط خستگی کم آورده‌ام، نفس سیگاری‌ام بند آمده، قلبم دارد می‌ایستد، می‌خواهم پا بر زمین و کف دریا بگذارم، دریا کف ندارد، می‌آیم تلاش کنم، نفس ندارم، دیگر نه دست و نه دیوار، دیگر نه پای و نه رفتار، می‌ترسم، نمی‌دانم اسم احساسم چیست؟ ترس؟ وحشت؟ ناشناخته؟ آسمان بالای سرم را می‌بینم، آرام و سرد و زیبا، مثل همیشه، هیچ چیز فرق نکرده، من فرق کرده‌ام، با وحشت عمیق و ترس از مرگ به ستارگان و جهان باورنکردنی فیزیک می‌گویم تمام شد، با متافیزیک کاری ندارم، نگاهم به پدرام می‌افتد، می‌گویم «بیا!» می‌گوید «شوخی می‌کنی؟» تسلیم نیستم، رضایت ندارم، کتابم نانوشته مانده، می‌گویم «بیا!» و تمام می‌شوم! دستی مرا از آب بالا نگه می‌دارد، شهروز است، مثل تصاویر کج و کولهٔ سینمائی از بالا می‌بینم امیر با لباس به دریا

می‌پرد، خود را می‌رساند، مرا می‌گیرد و همان یکی دو متر کم آورده را به سوی ساحل می‌کشاند، پایم به زمین، به کف دریا می‌رسد، نفس ندارم، می‌خواهم خودم را در آب رها کنم و بخوابم، پدرام از آب بیرون می‌پرد، افشانهٔ (اِسپری) نـیتروگلیسرین را از جیبم برمی‌دارد و شنا کنان خود را به من می‌رساند، طعم افشانهٔ نیتروگلیسرین در دهانم می‌پیچد و تا اعماق قلبم نفوذ می‌کند، آهسته آهسته نفس برمی‌گردد، هر سه مرا به ساحل می‌برند، آن وقت سحر، پدرام صورتم را کبود می‌بیند، از هیچ کجا با آب میوهٔ شیرین ظاهر می‌شود، زنده می‌شوم، شوخی و بازی شروع می‌شود.

ارستو

در سال ۳۸۴ پیش از میلاد یعنی ۲۴۰۰ سال قبل، در شهر «استاگیرا» یونان پسری به دنیا آمد که تا دو هزار سال بعد به عنوان بزرگ‌ترین فیلسوف و دانش‌مند همهٔ قرون و اعصار شناخته شد. پدرش پزشک دربار مقدونیه بود. در کودکی پدر را از دست داد. در هفده سالگی به آتن رفت و در آکادمی افلاتون مشغول تحصیل شد. بیست سال نزد افلاتون شاگردی کرد. افلاتون در موردش گفته «او عقل آکادمی است». خود افلاتون شاگرد سقرات بود. ارستو بعدها معلم اسکندر مقدونی شد.

زندگی ارستو را به سه دوره تقسیم می‌کنند. دورهٔ اول شاگردی نزد افلاتون. دورهٔ دوم سفر به شهرهای «آسوس» و جزیرهٔ «لسبوس» و شهر «پِلا». دورهٔ سوم شروع حکومت اسکندر و پایه گذاری مکتب «لوکئوم» یا «لیسه».

در دربار مقدونیه او را به واسطهٔ پدرش می‌شناختند. اگر چه سالها قبل پدرش مرده بود، به دربار رفت و آمد داشت، در چهل و یک سالگی معلم اسکندر شد و چند سال او را تحت تعالیم مختلف قرار داد.

حکمت ارستو را «فلسفه و منطق و علم و فرهنگ فراگیر و همه فن حریف» نامیده‌اند. به تمام معنی فیلسوف و دانش‌مند بود. او برای هر سوآلی پاسخ داشت. به تمام زمینه‌های علم و فرهنگ ورود کرد و در تمام زمینه‌های معارف روزگار خود دارای تألیفات بود که امروزه فقط اندکی از آن باقی مانده است.

برای او هیچ چیز مهم‌تر از تبیین این جهان نبود و اعتقاد داشت استادش افلاتون در فلسفهٔ اصلی خود دچار خطا شده است. معروف است که گفته «اگر چه ما

افلاتون را دوست داریم اما حقیقت را بیش‌تر دوست داریم». اندیشهٔ افلاتون را که بر مبنای وجود دو جهان بنا شده بود و مُثُل افلاتون و جهان ایده‌های او را قبول نداشت و فقط همین جهانی را که در آن به سر می‌بریم و آن را مورد مطالعه و تجربه قرار می‌دهیم می‌پذیرفت. او تمام تلاش خود را برای مشاهده و شناسائی جهان از زوایای مختلف به کار گرفت.

اگر چه به تفکر انتزاعی به عنوان یکی از شیوه‌های شناخت جهان اعتقاد داشت اما «مشاهده» و «تجربه» را مقدم بر آن می‌دانست. برای او جهان پر از زیبائی‌های حیرت آور و جذابیت ژرف بود و تمام عمر با اشتیاق پایان‌ناپذیر به تجربه و شناخت جهان پرداخت و دروازه‌های فراوانی را به روی شعبه‌های مختلف علم و فرهنگ و هنر و معارف بشری گشود. فکر می‌کرد بهترین شیوه برای شناخت طبیعت، استدلال است و معتقد بود تمام دانش‌های بشری باید از یک سو قابل بررسی و آزمون و از سوی دیگر قابل استنتاج و خردورزی باشد. او به ابزار اندازه‌گیری دقیق دست‌رسی نداشت.

در سال ۳۳۵ پیش از میلاد مدرسهٔ خود را به نام «لوکئوم» بنا نهاد. در زبان فرانسه از این لفظ برای واژهٔ عام «مدرسه» استفاده شده و آن را «لیسه» می‌خوانند.

«مشاء» به معنای زیاد راه رفتن است. مدرسهٔ او در گردشگاه بزرگی دایر شده بود و اغلب تدریس‌های او در حال راه رفتن با شاگردانش انجام می‌شد و به علت زیاد راه رفتن در حال بیان فلسفه، به مجموعهٔ حکمت ارسطو مکتب مشائی یا فلسفهٔ مشائی گفته می‌شود و شاگردانش «رهروان» یا «مشائی» نام گرفتند.

اندیشه‌های او جزئی از فرهنگ بشری شده و امروزه از طریق آثار دیگران جزو فرهنگ سرزمین ما در آمده است. ممکن است ما ارسطو را نشناسیم حتا اسم او به گوش ما نرسیده باشد اما ممکن نیست به طور دائم و روزمره به گفته‌های او که از طریق دیگران به ما رسیده استناد نکنیم. سخنانش امروزه ارزش علمی خود را از دست داده اما از آنجا که به تمام اطلاعات پیشینیان اشاره می‌کند و به نقد آنان

می‌پردازد، نوشته‌هایش برای محققین تاریخ علم گنج لایزال اطلاعات یونان باستان است.

در طول عمرش متجاوز از ۲۰۰ رساله نوشته که فقط ۳۱ رساله باقی مانده است. مدت دو هزار سال مطالعهٔ منطق به معنای مطالعهٔ منطق ارسطو بود. نخستین کسی است که دانش‌های بشری را زیر سرفصل‌های مشخص دسته‌بندی کرد، زمینهٔ بررسی بسیاری از موضوعات را به وجود آورد و آن‌ها را نام‌گذاری کرد به طوری که امروزه نیز همان نام‌ها به کار می‌رود.

پدید آورندهٔ بسیاری از شعبه‌های علوم و نخستین نقاد ادبی و هنری است و از مهم‌ترین کارهایش می‌توان از فن شعر و رقص و تأتر و زیبائی‌شناسی نام برد که فقط اندکی از آن باقی مانده است. او در فیزیک، متافیزیک، سیاست، هواشناسی، خطابه، اخلاق، منطق، ریاضیات، اقتصاد، روان‌شناسی، پزشکی، زیست‌شناسی و کشاورزی نقش عمده‌ای داشته که آثار آن باقی نمانده است.

بسیاری از آثار باقی ماندهٔ ارسطو نوشتهٔ خودش نیست، جزوه‌های درس‌هائی است که به شاگردانش تدریس می‌کرده و به قلم شاگردانش نوشته شده است. البته تألیفات فراوان به سبک و سیاق افلاتون برای عموم مردم داشته که باقی نمانده است. آثار باقی ماندهٔ او به هیچ عنوان شاعرانگی و جذابیت آثار افلاتون را ندارد و از صناعات نویسندگی بهره نبرده است. سیسرون خطیب مشهور رومی گفته: «اگر رساله‌های افلاتون نقره باشند رساله‌های ارسطو رودخانهٔ جاری طلا است.» بر مبنای این گفته می‌توان حدس زد سیسرون به کارهایی از ارسطو که به دست ما نرسیده به ویژه رساله‌های عمومی که به قلم خود ارسطو، با سبک و سیاق افلاتون و برای عموم مردم نوشته شده دسترسی داشته است.

شیوهٔ ارسطو، بررسی کارهای دیگران، اعم از پیشینیان و معاصران و گرد آوری داده‌های مرتبط با بحث، پیش از آوردن آراء خویش است. این روش عینا امروزه در تحقیقات علمی رعایت می‌شود. کارهای پیشینیان را با دقت موشکافی می‌کند و

لابلای بررسی آراء دیگران و نمایش خطاهای آنان (به زعم ارستو) نظرات خود را ابراز می‌کند.

در سال ۳۲۲ پیش از میلاد در سن ۶۲ سالگی از دنیا رفت.

آسمان

جهان ارستو از چندین کره یاگوی متحدالمرکز درست شده است. زمین در مرکز جهان قرار دارد. گوی اول از زمین تا ماه را در بر می‌گیرد. در جهان او چهار عنصر به ترتیب وزن در کار هستند. خاک یا عنصر سنگین در پائین قرار دارد، مانند بستر دریا. آب یا عنصر نیمه سنگین بالای آن است، مانند آب دریا که بالاتر از خاک است. هوا یا عنصر نیمه سبک بالاتر از آب قرار دارد مانند هوای روی آب دریا. آتش یا عنصر سبک بالاتر از همه قرار می‌گیرد، مانند گرمای بالای هوای کنار دریا.

او با حرکت شجاعانه‌ای غیر از چهار عنصر به رسمیت شناخته شده خاک – آب – هوا – آتش، عنصر پنجم را نیز معرفی می‌کند و خواص آن را بر می‌شمرد. این عنصر در سرتاسر ادبیات علمی تاریخی غرب به نام «اتر» و در ترجمه‌های عربی به نام «اثیر» شناخته می‌شود. امروزه دیده می‌شود که هیچ کدام از این پنج عنصر، در عمل عنصر نیستند و در جدول مندلیف جائی ندارند. البته امروز معلوم شده که دنیا از چهار موج–ذرّهٔ بنیادی کوارک، نوترینو، فوتون و الکترون ساخته شده است.

ارستو با کمک استدلال به این نتیجه می‌رسد که در جهان هیچ جسم نامتناهی وجود ندارد که این سخن با دانش امروز همخوان است. برخی سخنان او به طرز حیرت انگیزی اعتبار خود را حفظ کرده و هنوز صادق است. مثلا با استدلال عقلانی به این نتیجه رسیده که ستارگان کروی هستند. او با بهره وری از اطلاعات پیشینیان و با کمک تجربه و مشاهده شخصی به این نتیجه می‌رسد که اجرام سماوی بر دو دسته‌اند: «سیارات» و «ثوابت»

ارستو بارها به واقعیت کروی بودن زمین و مرکز بودن خورشید نزدیک می‌شود و

آراء فیثاغورثیان و سایر حکمای هم نظر با آنان را در این باب اظهار و تکرار می‌کند اما در آخر به نتیجه غلط و مخربی می‌رسد که بابت آن انسان‌های فراوانی در آتش سوزانده شده‌اند: «**زمین در مرکز عالم و ساکن است**».

چه کسی می‌داند اگر ارسطو چنین خطائی مرتکب نمی‌شد دنیای امروز چه وضعی داشت؟ برخی فلاسفهٔ قبل از او سخنان بی‌نهایت مهمی گفته‌اند. دموکریتوس یا دموکریت در حدود ۴۶۰ قبل از میلاد به دنیا آمد و در حدود ۳۷۰ ق.م. از دنیا رفت. این سخن از اوست:

جهان از اتم و خلاء ساخته شده. هیچ چیز جز اتم و فضای خالی وجود ندارد. اتم‌ها بی شمارند و تمام جهان پر از اتم است. اتم‌ها در چرخش مدام هستند. هیچ چیز از عدم به وجود نمی‌آید و هیچ چیز معدوم نمی‌شود.

ارسطو بزرگترین دشمن اندیشهٔ صحیح دموکریت بود و باعث شد فرضیهٔ شکوهمند دموکریتوس کنار گذاشته شود. چه کسی می‌داند اگر ارسطو سخن اتمیست‌های یونانی و از همه مهم‌تر دموکریتوس را می‌پذیرفت دانش امروز کجا بود؟ بیش از دو هزار سال طول کشید تا انسان از گمراهی ارسطویی نجات پیدا کند.

فیزیک

فیزیک نزد ارسطو به معنای امروزی آن نیست بلکه به معنای طبیعت است. خواندن کتاب‌های او به ویژه کتاب فیزیک از شورانگیزترین بخش‌های مطالعات است. البته متون اصلی ارسطو بدون تشریح و تفسیر، جزو متون دشوارخوان فلسفی محسوب می‌شوند. در غیاب ابزارهای اندازه‌گیری و روش تجربی، به ناگزیر برای نزدیک شدن به مسائل طبیعت، از تفکر فلسفی و ابزارهای منطق کمک می‌گیرد.

چهار «رساله – کتاب» در موضوع طبیعت یا «فیزیک» دارد که اولی به مسائلی مانند «حرکت» و «مکان» و «زمان» و مانند آن می‌پردازد. دومی به «آسمان» و

آن‌چه در آن است از قبیل ستارگان نگاه می‌کند. سومی بیش‌تر با مسائل طبیعی روی زمین از قبیل «عناصر» سر و کار دارد و چهارمی یکسر «هواشناسی» است.

نخستین کسی است که روش تحقیق برای علوم طبیعی پیش‌نهاد می‌کند. او خودرا جزو «علمای طبیعی» می‌شمارد و در مورد بسیاری قضایای علمی نظر می‌دهد. او حتا بحث تربیع دایره نزد متفکران پیشین را نیز بازنگری می‌کند. تربیع دایره یعنی ترسیم یک مربع که مساحتش برابر مساحت یک دایره معلوم باشد. این مسأله به یافتن جذر عدد π «پی» برمی‌گردد، اما جذر عدد π دست نیافتنی است.

یکی از مهم‌ترین نکاتی که بارها لا به لای سخنان او به گوش می‌رسد: «آیا زمین کروی است؟» اهمیت این سوآل زمانی آشکار می‌شود که توجه کنیم در زمان او تفکر عمومی بر مبنای مسطح بودن زمین است.

در کتاب فیزیک بحث مفصلی در مورد این که آیا امور بر حسب «شانس» رخ می‌دهند یا «منظور» ویژه در رخداد امور هست انجام می‌دهد. بحثی که تا زمان اینشتین و بور و هایزنبرگ و دیراک ادامه پیدا کرد و اکنون نیز ادامه دارد.

نخستین دانشمند طبیعی است که به مسألهٔ «مکان» پرداخت. تا قبل از او هیچ فیلسوفی هرگز نپرسیده بود «مکان چیست؟» یا «آیا مکان وجود دارد؟» و این مهم برای ارسطو باقی ماند. «مکان» وظیفه‌ای شگفت‌آور انجام می‌دهد و بر همه کس و همه چیز تقدم دارد.

ارسطو مسألهٔ «خلاء» را به تفصیل مورد بررسی قرار داده است. «خلاء چیست؟» و «آیا خلاء وجود دارد؟» از نظر او «خلاء مطلق وجود ندارد» که این با علم امروز همخوان است. در قرن بیست و یکم مشخص شده برخلاف تصور دانشمندان قرن بیستم، فضای خالی یا خلاء مطلق وجود ندارد و جهان از آمیزهٔ جرم – انرژی یا سوپر تار و سوپر غشاء که به تازگی شناخته شده و آن را «اتر جدید» می‌توان نامید پُر شده است.

یکی از شجاعانه‌ترین سوآل‌های او در مورد «زمان» است: «زمان چیست؟» و

«آیا زمان وجود دارد»؟ ارسطو به پاسخ‌های هوشمندانه می‌رسد. «زمان» را با «تغییر» و «حرکت» ارتباط می‌دهد که این امروزه نیز معتبر است. زمان مستقل از «حادثه» یعنی حرکت و تغییر نیست. از آنجا که سرعت تغییر، کم و زیاد می‌شود معتقد است کیفیت زمان تند و کند می‌شود که این در علم جدید و پس از نسبیت اینشتین نشان داده شده است.

در کتاب فیزیک به مسائل «اتصال - انفصال» و «ظرف و مظروف» نیز می‌پردازد. در این کتاب مسائل فراوانی مورد گفتگو قرار می‌گیرد از جمله می‌گوید هر شیئی متحرک دارای اجزاء است. امروزه که تجزیهٔ ماده تا حد ذرات داخل اتم پیش رفته، سخن او درست از آب در آمده است. مهم اینجاست که ارسطو به هیچ کدام از وسایل پیشرفتهٔ علمی مجهز نبود و فقط با استلال عقلی به این نتایج می‌رسید.

ارسطو به پارادوکس معروف زنون در مورد آشیل، دوندهٔ سریع و لاک‌پشت می‌پردازد و خطای استدلال را نشان می‌دهد. آشیل دونده‌ای پر سرعت بود و لاک‌پشت نیز بابت کند راه رفتن مشهور است. در این مسابقه، اول لاک‌پشت شروع به حرکت می‌کند. هنگامی که مقداری جلو رفت آشیل دویدن را شروع می‌کند. هنگامی که آشیل به مکان لاک‌پشت می‌رسد، لاک‌پشت مقدار دیگری راه رفته است. هنگامی که آشیل این مسافت را طی می‌کند، لاک‌پشت مقدار دیگری راه رفته است... به این ترتیب آشیل هرگز به لاک‌پشت نمی‌رسد.

نخستین کسی است که حرکت و علل آن را مورد بررسی عمیق قرار داد. موشکافانه به «مکان» و به «زمان» نگاه می‌کند سپس بحث اصلی کتاب فیزیک را حرکت و علل حرکت قرار می‌دهد و با جزئیات فراوان به آن می‌پردازد. شاید یکی از مهم‌ترین سوآلات فلسفی که توسط او طرح و به آن پاسخ داده شد این باشد: «آیا حرکت طبیعت هدفمند است؟» ارسطو به این سوآل پاسخ مثبت داد که این پایهٔ اسکولاستیک قرار گرفت. از نظر او طبیعت برای منظور مشخصی کار می‌کند. او بر این باور است که هر متحرکی را محرکی به حرکت در آورده که اثبات این امر در آن

روزگار بسیار مهم بوده است. اگر چه بحث حرکت به شیوهٔ او امروزه به کلی کنار گذاشته شده اما حیرت‌آور این‌جاست که سخنان او تا زمان نیوتن یعنی دو هزار سال دوام آورد. بحث حرکت دترمینیستی (جبری) امروز هم طرفداران پر و پا قرص دارد.

ارستو احکام حیرت‌انگیز دیگری دارد: «حرکت همواره وجود داشته و همواره وجود خواهد داشت» که این نیز با علم امروز همخوان است. با بیان خُلْفْ، نکتهٔ مهمی را بیان می‌کند که فقط در نوک پیکان ریاضیات امروز قابل دیده شدن است: بعضی معتقدند تعداد بی‌شماری کیهان وجود دارد، اینان بر این باورند که حرکت همواره وجود داشته و همواره وجود خواهد داشت. منظور او از «بعضی‌ها» خود اوست و برای نخستین بار به مجموعهٔ «بی‌نهایت جهان» که از دستاوردهای ریاضیات امروز است اشاره دارد.

در بحث «متحرک» و «محرک» به این نتیجه می‌رسد که نخستین «محرک» جهان، «نامتحرک» است. اهل الهیات از این بحث «اثبات وجود خدا» را نتیجه گرفته‌اند.

هواشناسی ارستو امروزه کاربرد خود را به طور کامل از دست داده. او به علومی مانند ستاره‌شناسی، هندسه، جغرافیا، زمین‌شناسی و مانند آن نزدیک می‌شود و تعریف تیر شهاب، راه شیری، باران، مه، برف، دریا، باد، زلزله، رعد و برق، آتشفشان، رنگین کمان، فلزات و... می‌پردازد. اگر چه امروزه هواشناسی او ارزش علمی ندارد اما برای پژوهندگان تاریخ علم منبع لایزال اطلاعات باستانی است.

هستی شناسی

ارستو پرسید «هستی» چیست؟ و پاسخ داد:«موجودات» فقط آن ماده‌ای نیستند که آن را می‌سازند. «خانه» به معنای آجر و سیمان و در و پنجره نیست. اگر در یک زمین مسطح تمام مواد تشکیل دهندهٔ خانه را بریزیم هنوز «خانه» پدید نیامده. خانه موقعی پدید می‌آید که این مواد و مصالح را روی هم بگذاریم و آن را «بسازیم» و

مطابق نقشه به آن «شکل» دهیم. اگر چه آجر و سیمان و... جزو ضروریات است اما آن چه «خانه» را «هستی» می‌بخشد «ساختار» و «شکل» است.

منطق

ارگانون = ارغنون = منطق = لوژیک.

مهم‌ترین دستاورد ارسطو «منطق» است به طوری که او را پدر منطق نامیده‌اند. او نخستین کسی است که روش‌های خردورزی و استدلال را مدون کرد. اصول منطق ارسطو با مسیحیت ترکیب شد و به آئین‌نامهٔ زندگانی در این جهان تبدیل گردید. منطق ارسطو نسبت به سایر کارهایش بیش‌ترین دوام را آورد و تا قرن نوزده برقرار بود. با آن که امروزه کاملا کنار گذاشته شده اما هنوز در حوزه‌های تدریس الهیات کاتولیک با سرسختی به عنوان یگانه منطق موجود تدریس می‌شود. بعضی منطقیون و بسیاری از اهالی الهیات هنوز با لجاجت به منطق ارسطو چسبیده‌اند.

شاید مهم‌ترین کار ارسطو در منطق، نظریهٔ قیاس باشد. یعنی برهانی که دارای سه جزء: مقدمهٔ بزرگ، مقدمهٔ کوچک و نتیجه است. مثال خود ارسطو عالی است:

هر آدمی فانی است (مقدمهٔ بزرگ)

سقرات آدم است (مقدمهٔ کوچک)

پس سقرات فانی است (نتیجه)

امروزه منطق‌دانان سخن بالا را به صورت‌های مختلف بیان می‌کنند. مجموعهٔ منطق ارسطو به نام Organon یا ارغنون معروف است. بعدها اسم ساز ارگ از آن گرفته شد. اسامی و معانی واژگان منطق ارسطو به زبان فلسفهٔ قدیم یا عربی است. منطق ارسطو از رسالات اصلی زیر تشکیل شده است:

«قاطیقوریاس» یا «مقولات».

«باری ارمینیاس» یا «تعبیرات».

«طوبیقا» یا «مواضع» که در آن فن جَدَل آموزش داده می‌شود.

«آنولوطیقا» یا «تحلیل» که شامل دو رسالهٔ «قیاس» و «برهان» است.

فرانسویان به «منطق» بیش‌تر به عنوان یک فن نگاه می‌کنند و آن را «لوژیک» می‌نامند. امروزه معلوم شده که منطق به تنهائی دارای فلسفهٔ مجزاست که مجموعهٔ آن بخش مهمی از فلسفهٔ عام را تشکیل می‌دهد.

فن خطابه

rhetorique = ریطوریقا = شیوهٔ قانع کردن

از مباحث حکمت عملی و کاربردی که توسط ارسطو به میان کشیده می‌شود فن خطابه است. ارسطو در کتاب «فن خطابه» تمام فوت و فن‌های سخنوری را آموزش می‌دهد به طوری که تا قرن‌ها مرجع اصلی بود. از حدود قرن پنجم قبل از میلاد که جنبش‌های اجتماعی یونان به شکل جدید در می‌آمد و حکومت‌های «دموکراتیک» بر سر کار می‌آمدند، سخنوری کاربرد جدی یافت. یونانیان باید می‌توانستند در دادگاه‌ها سخن بگویند و در مجامع از نظرات خود دفاع کنند. فراوان بودند کسانی که به تدریس سخنوری می‌پرداختند. مهم‌ترین آنان گرگیاس و پروتاگوراس بودند که سقرات کار آنان را تقبیح می‌کرد. ارسطو معتقد بود فن خطابه در نفس خود از نظر اخلاقی نه خوب و نه بد است و خیر و شر آن بستگی به هدف آن دارد.

ارسطو در کتاب خطابه با جزئیات فراوان وارد مباحث اصلی می‌شود و به «اقناع – قیاس – استقراء» می‌پردازد و خطابه را به سه دستهٔ کلی «رسمی – دادگاهی – مشورتی» تقسیم می‌کند. ارسطو می‌گفت اگر می‌خواهید نوشته شما خوانده شود و مورد استفاده قرار گیرد به شیوهٔ خردمندان بیندیشید اما به شیوهٔ مردم بیان کنید. ارسطو در این کتاب به جزئیات فراوان می‌پردازد که به ذکر یک نمونه از صفحهٔ ۱۴۲ کتاب خطابه، ترجمه اسماعیل سعادت، انتشارات هرمس، تهران ۱۳۹۲ بسنده می‌شود:

اعترافاتی که با شکنجه گرفته می‌شود نوع خاصی از شهادت است

و به نظر معتبر نمی‌آید، زیرا نوعی اجبار با آن همراه است. در این‌جا هم دشوار نیست که ببینیم چه دلایلی می‌توان اقامه کرد: اگر شهادت‌هائی که با شکنجه گرفته شده است به نفع ما باشد، می‌توانیم با گفتن این که این گونه شهادت‌ها تنها شهادت‌هائی است که راست است اعتبار آن‌ها را افزایش دهیم. اگر این مخالف ما و به نفع مدعی باشد می‌توانیم با گفتن حقیقت دربارهٔ اعترافات تحت شکنجه آن‌ها را از اعتبار بیندازیم...

اخلاق

تا قبل از سقرات، مبحث اخلاق از حدود نصیحت و امر و نهی و موعظه و دلالت و سرمشق قرار دادن انسان‌های نیکو صفت فراتر نمی‌رفت. نگاه فلسفی به اخلاق با سقرات شروع شد و نزد ارستو به اوج رسید. ارستو معتقد است غایت هر عمل انسانی یک «خیر» است سپس در کتاب اخلاق نیکوماخوس به جزئیات آنچه اجزاء تشکیل دهندهٔ اخلاق است می‌پردازد: «شجاعت - خویشتن‌داری - گشاده‌دستی - بزرگ‌واری - صبوری - راستگوئی - درست‌کاری - ادب - عدل و انصاف» از مواردی است که ارستو با دقت موشکافی کرد. ارستو در همین جا متوقف نمی‌شود و در مورد «دوستی - لذت - درد - پرهیزکاری و نیک‌بختی» به تفصیل سخن می‌گوید.

ارستو در مورد اخلاق به شیوه‌های عملی زندگی می‌پردازد. افراط و تفریط را رذیلت و میانه‌روی را فضیلت می‌شمارد. در دنبالهٔ بحث اخلاق، فضایل عقلی را موشکافی می‌کند و در مورد «شناخت علم - توانائی‌های حرفه و فن و هنر - تسلط به حکمت عملی - بهره وری از حکمت نظری» با جزئیات سخن می‌گوید. او معتقد است آدم‌ها فقط به یک شیوه «خوب» و به بسیاری شیوه‌ها «بد» هستند.

کتاب اخلاق ارستو در سرزمین‌های اسلامی بازتاب عمده‌ای داشته و در مدارک

قدیمی اسلامی منعکس شده است.

سیاست

از نظر ارسطو انسان در اجتماع معنا پیدا می‌کند و اجتماع در سیاست بیان می‌شود. «انسان حیوانی سیاسی است». ارسطو با مدینهٔ فاضله کاری ندارد و به واقعیات زندگی انسان‌ها می‌پردازد. پراکندگی کتاب سیاست به گونه‌ای است که کاملا نشان می‌دهد به دست شاگردانش تنظیم شده است. کتاب سیاست به شش بخش تقسیم می‌شود

۱ – مسائل زناشوئی، خانه و خانواده، مالکیت، بردگی.

۲ – نقد نظریات سیاسی افلاتون و بررسی حکومت‌های کارتاژ و کرت و اسپارت.

۳ – بررسی قانون اساسی.

۴ – علل انقلابات و کنار زدن حکومت‌ها. بررسی حکومت‌های جمهوری و دموکراسی و حکومت از بالا.

۵ – شیوه به وجود آوردن دموکراسی و طرز حفظ و نگهداری آن.

۶ – حکومت کامل و مناسب.

خانه و زن و فرزند و گاو و حیوانات اهلی و برده، تشکیل خانواده می‌دهد. از اجتماع خانواده‌ها روستا پدید می‌آید. از اجتماع روستاها شهر به وجود می‌آید. از اجتماع شهرها کشور و حکومت به وجود می‌آید. ارسطو از خانواده شروع می‌کند و به تفصیل به پیدایش دهکده‌ها و شهرها می‌پردازد. ارسطو انسان را اجتماعی‌تر از زنبوران و سایر جاندارانی که با هم زندگی می‌کنند می‌شمارد.

شهرت اصلی ارسطو به واسطهٔ نظرات سیاسی او نیست اما در زمان او این نظرات کاربردی بوده است. جزئیات کوشش‌های ارسطو در تبیین «سیاست» مفصل است. ارسطو انسان‌ها را به دو دسته تقسیم می‌کند، اول هوشمندانی که می‌اندیشند و برای

انجام کارها نقشه می‌کشند، دوم کسانی که برای اجرای نیات گروه اول نیروی بدنی خود را به کار می‌گیرند. خدایگان و بنده. نظریه‌های امروزین جامعه‌شناسی دقیقا همین را ابراز می‌کنند و می‌گویند در آینده لایهٔ نازکی از هوشمندان مدیریت جامعهٔ بشری را بر عهده می‌گیرند و بقیهٔ انسان‌ها کارگزاران و کارگران خواهند بود.

ارسطو در کتاب سیاست برای نمایش ارجحیت فلسفه بر امور اقتصادی، به تالس دانشمند و فیلسوف سده‌های قبل اشاره می‌کند که چون به او اعتراض کردند و فقر او را نشانهٔ بی‌فایده بودن علم و فلسفه‌اش برشمردند دست به کار شد و از آنجا که هواشناسی می‌دانست دریافت که سال بعد باران فراوانی خواهد بارید و درختان زیتون بارور خواهند شد. تالس تمام دستگاه‌های روغن‌کشی را به بهای نازل برای سال بعد اجاره کرد و در فصل زیتون که همگان طالب دستگاه‌های روغن‌کشی بودند به بهای گزاف اجاره داد و ثروت اندوخت و نشان داد که فیلسوف و دانشمند اگر بخواهد می‌تواند در امور اقتصادی و معیشتی نیز حرفی برای گفتن داشته باشد اما وقت گرانبهای خود را برای این امور صرف نمی‌کند.

ارسطو در بحث حکومت‌های آن روز و حکومت پیش‌نهادی افلاتون، جدی‌ترین انتقادات را متوجه افلاتون می‌کند و گردش کار مدینهٔ فاضلهٔ افلاتون را در بسیاری زمینه‌ها زیر سوآل می‌برد. ارسطو تقریبا هیچکدام از حرف‌های سیاسی افلاتون را نمی‌پذیرد. او حتا خطای سقرات را در مورد «وحدت فضیلت» نشان می‌دهد.

ارسطو به نظرات اشتراکی سقرات و افلاتون می‌تازد. در انتقاد از حکومت‌های اشتراکی حتا به جزئیات در مورد مضرات نزدیکی با محارم سخن می‌گوید. او به حکومت طبقاتی پایبند است و معتقد است انتقال از یک طبقه به طبقه دیگر مثلا از طبقهٔ کشاورزان به طبقهٔ صنعتگران یا طبقهٔ نظامیان سودمند نیست. این اندیشه که از شیوهٔ زیست و حکومت ایرانیان گرفته شده بود امروز کنار گذاشته شده است.

ارسطو پیش‌نهاد سیاسی «هیپودام» آرشیتکت مشهور قرن پنجم پیش از میلاد را می‌پذیرد و به تفصیل مورد بحث قرار می‌دهد. از نظر هیپودام، مردم حق انتخاب

فرمانروایان و رهبران خود را دارند.

ارستو حکومت‌های خودکامه و دموکراسی را در مقابل هم قرار می‌دهد و با دقت موشکافی می‌کند. او به خرد جمعی معتقد است و چون جمع بهتر از فرد مسایل را درک و تجزیه تحلیل می‌کند حکومت جمعی را مناسب تشخیص می‌دهد. به دشواری‌های جا انداختن دموکراسی واقف است و در هر مورد حاکمیت قانون را توصیه می‌کند. امروزه عقاید سیاسی ارستو نزد علمای علوم سیاسی سرشکن شده است.

شعر

پوئتیک = بوطیقا = poetique

افلاتون با اندکی احترام عذر شاعران را می‌خواهد و آنان را از مدینهٔ فاضله بیرون می‌کند در حالی که ارستو برای شاعران مرتبتی والا قائل می‌شود. ارستو به «شعر» توجه جدی دارد تا جائی که آن را برتر از تاریخ می‌نشاند. از او نقل است «شعر بیش از تاریخ فلسفی است. شعر بیش از تاریخ شایان توجه جدی است.» و شعر بیش از تاریخ چشمان ما را به روی زندگی باز می‌کند. ارستو در مورد زیبایی‌شناسی هنری و شاعرانه صاحب تألیفات است. «حقیقت» موضوع فلسفه و «زیبائی» موضوع هنر است. «بوطیقا» نشان دهندهٔ اهمیت شعر نزد ارستو است. در زبان انگلیسی واژه‌های «پوئم» و «پوئتری» به معنای شعر و شاعری از ارستو گرفته شده است.

برای آشنائی با فرهنگ و هنر یونان باستان به ویژه در مورد شاعران آن دوران کتاب فن شعر ارستو گنج اطلاعات دست اول است. این نخستین اثر علمی بشر در زمینهٔ نقد شعر و ادبیات است. حتا برخی منقدین امروز روش ارستو را در نقد به کار می‌برند. این رساله اواخر عمر نوشته شده است.

از نظر ارستو شعر بر سه قسم است: حماسه – تراژدی – کمدی. او هر سه را به تفصیل تشریح می‌کند. حماسه برای بیان پهلوانی است. تراژدی برای برانگیختن

احساس همدلی و تأسف است. کمدی برای خنداندن مخاطب است که معمولا از غافلگیری یا بیان لغزش دیگران بهره می‌برد. ارسطو سایر انواع شعر را نیز زیر سه سرفصل فوق دسته بندی می‌کند.

از نظر ارسطو کار شعر و هنر صرفا بازتاباندن یا تصویر کردن طبیعت نیست و نقش اصلی را برای احساسات انسان قائل می‌شود. ارسطو معتقد است شاعری بیان «امر واقع» نیست. شاعری بیان «حقیقت» است. مهم نیست چه رخ داده است، مهم این است که از نظر شاعر چه باید رخ می‌داد. اینجاست که فرق شاعر و مورخ نمایان می‌شود. شاعری نظم دادن به کلام نیست، ساختن افسانه برای بیان «حقیقت» است. شاعر باید هنگام سرودن شعر خود را به جای خواننده بگذارد و به گونه‌ای بگوید که خواننده دریابد.

از نظر ارسطو نباید «ارزش اخلاقی» را با «ارزش زیبائی» خلط کرد. هنر و زیبائی اموری مستقل از فواید مادی یا اخلاقی هستند.

متافیزیک

این دشوارترین کتاب ارسطو به شمار می‌رود. این کتاب از مجموعهٔ درس‌ها و جزوه‌ها و سخن‌رانی‌های ارسطو تشکیل شده و ارسطو مطالب آن را برای یک کتاب واحد تنظیم نکرده است. موضوع کتاب مسائل خارج از جهان فیزیک یا طبیعت است که ارسطو با کمک ابزارهای فلسفی به حل آن مسائل پرداخته است.

شروع متافیزیک ارسطو، اعتراض‌های او به افلاتون است. او با استدلال قوی بر ضد نظریهٔ افلاتون بر می‌خیزد.

ارسطو در نظریهٔ کلیات به مبحث بسیار جالبی می‌پردازد. از نظر او اسم خاص به شیئی یا شخص یگانه اطلاق می‌شود. یونان، سقرات، مدیترانه، معبد دلفی یگانه‌اند و فقط به یک مورد مشخص اشاره دارند. ما فقط یک سقرات یا یونان داریم. اما واژگانی مانند زیتون، دانشجو، خرگوش، کوه، چطور؟ این واژه‌ها به چیزهای گوناگون

اشاره می‌کند. یا صفت‌ها و حالاتی مثل گرم، زبر، شیرین چطور؟ ارسطو به این موارد با جزئیات می‌پردازد. جالب این که سخنان بالا امروزه در فلسفهٔ زبان‌شناسی، نزد ویتگنشتاین و اصحاب او بازتاب یافته است.

اثبات وجود خدا قلب اصلی کتاب است. البته خدای ارسطو با خدای ادیان تفاوت‌های عمده دارد. ارسطو به وجود خدا قائل است و به چندین صورت خدا را اثبات و تبیین کرده است.

روانشناسی (نفس، روح)

این رساله نشان می‌دهد ارسطو پیش‌کسوت علم روان‌شناسی است. تا مدت‌ها روان‌شناسی را «علم‌النفس» می‌خواندند. ارسطو به صراحت می‌گوید «نفس (روح) از بدن جدائی‌ناپذیر است» که این به مذاق بسیاری از اهل الهیات ناخوش آمده است. ارسطو نخستین متفکری است که نقش فلسفی حواس انسانی را بررسی می‌کند و بینائی، شنوائی، بویائی، چشائی و لامسه را جداگانه در روح و روان آدمی می‌کاود.

در تاریخ دانش، این همه نبوغ، این همه دست‌آورد و این همه اشتباه بی‌نظیر است. اگر قرار باشد در طول تاریخ سه دانشمند بیرون کشیده شوند، ارسطو یکی از آنان است. در مورد نیوتن و اینشتین هم مخالفت جدی وجود ندارد. البته هرکس، از جمله ارسطو، اگر آن قدر بلند پروازی داشته باشد که بخواهد حرف آخر و کامل را خود بگوید، دیر یا زود از نردبان سقوط می‌کند و کنار گذاشته می‌شود.

برخورد متفکران اسلامی با ارسطو

ارسطو در سرزمین‌های اسلامی دوستان و دشمنان فراوان دارد. از جملهٔ دوستداران می‌توان فارابی، رازی، سینا و خیام را نام برد. در مورد دشمنان باید وارد جزئیات شد.

یکی از نفیس‌ترین مدارک، مقدمهٔ ملک‌الشعرا بهار، بر ترجمهٔ بابا افضل کاشانی در کتاب رسالهٔ نفس ارسطو است. بهار در این مقدمه ضمن برشمردن دلایل دور افتادن جامعهٔ ایران از فلسفه و مسیر اصلی تفکر جهانی، به نقش مخرب امام محمد غزالی اشاره کرده و پس از آوردن «نزاع فلاسفه و متکلمین» می‌افزاید:

«این نزاع و گفتگو در میان فلاسفه و متکلمین به جاهای بسیار باریک انجامید که در عالم نزاع‌های علمی سابقه نداشته است. امام غزالی و امام فخر رازی و خواجه نصیر و علامه حلی و تلامیذ ایشان در این گفتگوها تألیفات پرداختند و کتب احیاءالعلوم و مقاصدالفلاسفه و تهافت‌الفلاسفه (تهافت=خطاها) امام غزالی از بزرگ‌ترین ضربت‌هائی بود که در اواخر قرن پنجم بر پیکر فلسفهٔ یونان وارد شد ولی از آخرین ضربت‌ها نبود و از این راه بود که فلسفهٔ یونان پس از آن که در ایران و بلاد آسیائی قوت عظیمی کسب کرد. در این وقت که انصار بزرگی چون ابن سینا را گم کرده و مخالفان قوی‌الحجه‌ای مانند امام غزالی برایش تهیه شده بود، رو به ضعف و

فتور نهاد و برای بقای خویش چنان‌که اشاره شده متوسل به کلام الهی گردید...و یکی از وسایل کامیابی ابن رشد در اندلس – که در همین اوان ضعف فلسفه در آسیا ظهور کرده بود – همانا توسل و تشبث به کتاب‌الله و نقل و تأویل آیات قرآنی است».

ملک‌الشعرا بهار به پیش می‌رود و از «دشمنان دیگر فلاسفه» سخن می‌گوید:

«دیگر از دشمنان قوی فلاسفه در بلاد اسلام، بعد از متکلمین، عرفا بودند که دسته دسته مردم را با قوی‌ترین وسایل به سوی تزکیهٔ نفس و ریاضت و پرورش روح و تمرکز قوای دماغی و اطاعت و سکوت و رضا و عمل و اتحاد دعوت کرده و طبعا از خریداران فلسفه کاسته و بر کساد آن بازار که روزی رواج‌ترین اسواق (بازارها) علمی بود بیافزود. برخی از شعرا مانند فردوسی و ناصرخسرو و امثال آنان نیز که ظاهرا خود فیلسوف‌اند در قرن چهارم و پنجم و قرون بعد، بر فلسفه و فیلسوف طعن و دق می‌زدند. گویا بتوان باور کرد که بعد از مرگ بوعلی سینا (۴۲۸ هجری) بازار فلسفه در ایران روی به کسادی نهاده است و بزرگانی مانند حکیم عمر خیام و شیخ شهاب و بابا افضل و قطب‌الدین شیرازی و غیره هم نتوانسته‌اند آن بازار را با رونق پیشین آورند. و می‌توان گفت اگر چراغ نورانی صدرالدین شیرازی معروف به ملاصدرا در آخرالزمان بلاد ایران را منور نکرده بود، با آن هجومی که علمای شریعت بر سر حکمت و فلسفه آوردند، محال بود که دیگر نام حکیمی در ایران به‌گوش برسد».

برای بازتاب دقیق‌تر اوضاع فلسفی در ایران و دشمنی با حکمای یونان به ویژه ارستو باید به دشمنان فلسفی عمر خیام دقیق‌تر نگریست. خیام همان گونه که از لقبش (حکیم) بر می‌آید، در حکمت بیش از همه جا معروف است. در واقع فیلسوف تراز اول و صاحب رساله‌ای است که با تکیه بر یونان و بر بوعلی سینا که به

شاگردی‌اش بالیده، افکار فلسفی خود را عرضه می‌دارد. بوعلی سینا حکیم قدر اولی است که در حکمت با ابوریحان بیرونی بحث‌های فراوان داشته است. گفتار خود خیام در مورد حل یک مسألهٔ فلسفی، به نقل از جامع‌البدایع چاپ مصر، شیرین و روشن‌کننده است:

«این مسأله‌ای سخت دشوار است و بسیاری از دانش‌مندان در آن به حیرت افتاده‌اند. تا بدان‌جا که بیش‌تر آنان فهم این مطلب را از حدود توانائی انسان بیرون دانسته‌اند ولیکن من و آموزگار من ابوعلی حسین‌بن عبدالله سیناء بخاری – افضل متاخرین – در این موضوع امعان نظر کردیم و بحث ما چنان شد و به جائی رسید که ما دو تن قانع و خرسند شدیم». (تاریخ فلاسفهٔ ایرانی از آغاز تا امروز، علی‌اصغر حلبی)

گویا سعید نفیسی نخستین کسی بوده که متوجه این سند مهم شده. او در مورد نام و لقب و بعضی آثار خیام می‌نویسد:

«پس از طبع صحایفی چند از این سطور، متوجه شدم که مجموعه‌ای از رسایل مختلف در حکمت به اسم جامع‌البدایع در مصر به طبع رسیده و از جمله رسایلی که در آن چاپ شده سه رساله از عمر خیام است. اول رسالهٔ کون و تکلیف که شهرزوری جزو آثار خیام شمرده. در این رساله عمر خیام جائی که از شیخ‌الرئیس نام می‌برد وی را معلم خود می‌شمارد». (مقدمهٔ رباعیات خیام، اعتصام زاده).

محمد اقبال لاهوری معتقد است خیام از زمرهٔ خردگرایان لاادری است که «به اصل ناشناختی بودن حقیقت گرائیدند». (سیر فلسفه در ایران، محمد اقبال لاهوری). در واقع در مورد مشرب خیام، متفکر آزاده‌ای که گرفتار جهل و تعصب روزگار خود شده، گفته‌های ضد و نقیض بسیار است. همه نوع فکری به او نسبت

داده‌اند. حتا مشابهت‌های او را با بوالعلا معری و سایر فلاسفه نیز بر شمرده‌اند. حتا او را فیلسوف اپیکوری هم خوانده‌اند. در هر حال یک چیز مسلم است، آن‌چه امروز از فلسفهٔ او در می‌یابیم با آن‌چه در ترانه‌ها می‌بینیم هم‌خوان است، اما از آن‌جا که در آن روزگار، زندگی فلاسفه بسیار در خطر بوده، خیام نتوانسته جز در رباعیات، به راحتی خود را بشکافد. به هر حال در نهایت تحسر باید افزود که کارهای فلسفی او نیز به شدت ناشناس مانده، منتظر مترجمین و فلاسفهٔ معاصر است.

مطالعهٔ دقیق تاریخ علم و فلسفه در ایران نشان می‌دهد که سیر دانش و فلسفه در ایران متوقف شده، این فرهنگ عظیم در عمل از حرکت بازمانده است. ریاضیات و نجوم و فلسفه و سایر علوم، قرن‌ها بعد به ناگزیر مجدداً کشف شده است.

بیائیم به اختصار به دلایل مرگ دردناک این فرهنگ عظیم علمی و دشمنی متفکران اسلامی با حکمت ارستو نظری بیفکنیم. شناسائی مراکز مهم علوم و بررسی مشکلات علوم و علما در تمدن اسلامی و دورهٔ انحطاط این علوم و دلایل آن و نکات بسیاری از این دست را می‌توان از تواریخ مدون از جمله تاریخ علوم عقلی ذبیح‌الله صفا استخراج کرد. هم‌چنین است تاریخ افکار و اندیشه‌های مذهبی فرقه‌های گوناگونی که از اسلام منشعب شده‌اند و اوضاع حکومت‌ها پس از پایان «دموکراسی اولیهٔ اسلامی!» و نقش شعوبیه و مبارزات مختلف آن با حکومت بغداد و اوضاع حکومت سلجوقیان که در مجلدات مختلف تاریخ اجتماعی ایران، مرتضا راوندی و کتب دیگر (تاریخ سلاجقه، محمودبن آقسرائی) مضبوط است.

به جای فرو رفتن در اقیانوس تواریخ مدون به دوران کوتاهی از زندگیِ بخشی از این دانش‌مندان در ایران نظری گذرا بیندازیم. برای این کار از انبوه مدارک موجود فقط اشاره‌ای می‌کنیم به کار عزیزالله کاسب که در مقدمهٔ مهم چاپ رباعیات نسخهٔ کمبریج، به اوضاع فلسفه و فیلسوفان ایران اشاره کرده، مصائب‌شان را برشمرده، به اختصار اشاره‌ای دارد به آن‌چه بر فلسفه و فیلسوف ایرانی می‌رفته است و خلاصه‌اش این که انسان‌های گُندمَند را به کفر و فلسفه منسوب می‌کردند: «کالای

دین فروشان، فلسفه را مسئول عمدهٔ انتشار زندقه می‌دانستند و عوام نیز به پیروی از آنان، با این گوهر تابناک اندیشهٔ انسانی به ستیزی احمقانه در ایستاده بودند. آنان فلاسفه را اهل ضلال می‌دانستند». و به نقل از ملک‌الشعرا بهار: «دربارها نیز با فلسفه سازگاری نداشتند. معروف است که محمود غزنوی پس از فتح ری، کتب علما و فلاسفه را زیر دار هر یک از آن بزرگان به باد نیستی داد». در مقدمه‌ای که شادروان بهار در شهریور ۱۳۱۶ بر رسالهٔ نفس ارسطو، ترجمهٔ افضل‌الدین کاشانی نوشته است می‌خوانیم: «آن حُریّت ضمیر و آزادی فکر، که در قرون سوم و چهارم هجری، در بلاد اسلام مباح بود، از آن به بعد، خاصه بعد از پادشاهی و تسلط نژادهای تورانی بر بلاد اسلامی، از میان رفت. عدم حُریّت ضمیر و ترس از قتل و حرق و اجتناب از عواقب الیمی چون عاقبت عین‌القضاة همدانی یا شیخ شهاب‌الدین سهروردی، آن بزرگان را در چه تنگ‌نای هول‌ناکی گذارده بوده است» (خیام شناخت، محسن فرزانه).

از «سلجوقیان و غز در کرمان» در بیان احوال ایران‌شاه پسر قاورد که گویا از دست متشرعین به عذاب بوده: «سمت الحاد بر جبین او نهادند و او را به کفر و فلسفه منسوب کردند». در این سرزمین هم‌واره فلسفه معادل کفر بوده است:

«یونانیان را دین نبود و ایشان همه زندیقان بودند و
مذهب فیلسوفان داشتند و حکمت دانستند».

تاریخ بلعمی

یا

فلسفه داند و از فلسفه دانان خر است

سوزنی سمرقندی

یا

جدلی فلسفی است خاقانی
تا به فلسی نگیری احکامش
در ترازوی شرع و رستهٔ عقل

فلسفه فلس دان وشعر شعیر

خاقانی

«بهاءالدین ولد، هم‌واره بر منبر، به حکیمان و فیلسوفان دشنام می‌داد و آنان را بدعت‌گذار می‌خواند. شمس تبریزی نیز از کسانی است که فیلسوفان را، عموماً اهل متابعت و پیرو دین نمی‌شناسد. او شهاب را الفیلسوف و گبر خاندان می‌نامد و افلاتونیان را یاوه‌سرایان ژاژخای می‌خواند و فلسفی را به سبب انکار معاد جسمانی (یعنی رستاخیز تن پس از مرگ بدن) در روز قیامت احمق می‌گوید».

مذهب به کنار، عرفای ایران نیز نسبت به دانش‌مندان و حکمای عقلی نظر خوش نداشته‌اند. بزرگان سلسلهٔ عظیم عرفان ایران عطار و سنائی و مولوی‌اند:

عطار روح بود و سنائی دو چشم او
ما از پی سنائی و عطار آمدیم

مولوی

عطار مشخصاً و مستقیماً با خیام برخورد داشته است. «حکایتی که شیخ عطار در منظومهٔ الاهی‌نامه در بارهٔ خیام گفته و از منابع مهم و معتبر ترجمهٔ احوال وی محسوب می‌شود، مبتنی بر همان اختلاف مسلک عرفا و فلاسفه است» (خیامی نامه، جلال‌الدین همائی).

یکی بینندهٔ معروف بودی
که ارواحش همه مکشوف بودی
دمی گر بر سر گوری رسیدی
در آن گور آن‌چه می‌رفتی بدیدی
بزرگی امتحانی کرد خردش
به خاک عمر خیام بردش
بدو گفتا چه می‌بینی در این خاک
مرا آگه کن ای بینندهٔ پاک

جوابش داد آن مرد گرامی
که این مردی است اندر ناتمامی
بدان درگه که روی آورده بودست
مگر دعوی دانش کرده بودست
کنون چون گشت جهل خود عیانش
عرق می‌ریزد از تشویر جانش
میان خجلت و تشویر مانده است
وزان تشویر در تقصیر مانده است

عطار

تشویر= شرمندگی، اضطراب

برای دانستن نظر عرفان ایران در مورد خیام و فلاسفه و دانش‌مندان گفتهٔ سنائی کمک عمده‌ای می‌کند:

تا کی از کاهل نمازی ای حکیم زشت‌خوی
همچو دونان اعتقاد اهل یونان داشتن
عقل نبود فلسفه خواندن ز بهر کاملی
عقل چبود جان نبی‌خواه و نبی‌خوان داشتن

سنائی

اگر چه سنائی مشخصاً از خیام نامی به میان نیاورده اما نشانی‌هائی که می‌دهد کاملاً با خیام مطابقت می‌کند! در هر حال سنائی مستقیماً رو به روی جریان معتزله ایستاده است و نزاع او با خرد گرایان دارای اسناد عمده‌ای است.

قلهٔ سلسله جبال عرفان ایران نیز نظر خود را در مورد دو اردوگاه متخاصم دانش و مذهب به صراحت عنوان کرده بر فلسفه و فلسفی می‌تازد.

بند معقولات آمد فلسفی
شهسوار عقل عقل آمد صفی

فلسفی گوید ز معقولات دون
عقل از دهلیز می‌ناید برون
فلسفی و آن‌چه پوزش می‌کند
قوس نورت تیر دوزش می‌کند
فلسفی کو منکر حنانه است
از حواس انبیا بیگانه است

فلسفی را زهره نی تا دم زند
دم زند تیغ حقش بر هم زند

مولوی

این است نظر عرفا در مورد فلسفه و دانش‌مندان. «فلاسفهٔ اسلامی، در هر عصر و زمان که بودند، دو فرقهٔ مخالف داشتند، فقها و عرفا. آنـان از در مـذهب بـیرون می‌آمدند و فلاسفه را تکفیر و تفسیق می‌کردند و این امر اختصاص به حکیم عمر خیام نداشت. فارابی و رازی و ابن‌سینا و ابن‌رشد و دیگر دانش‌مندان و فلاسفه، هدف حمله و مورد طعن و لعن فقها بوده‌اند».

البته اکنون پس از گذشت قرن‌ها، می‌توان به احترام عظمت بزرگانی چون عطار و سنائی و مولوی، خطای‌شان را پوشاند و گفت: «نظر عرفا در مورد دانش نـیست بل‌که در مورد فلسفهٔ استدلالی ارستوئی (مشائی) است.

پای استدلالیان چوبین بود

مولوی

حمله به آنان از غزالی شروع می‌شود و عرفای بعدی و متکلمان پس از او همه اشعری مذهبند و پیرو سخنان غزالی» (دکتر صمد موحد، دست نوشته). اما تصدیق می‌کنید که در زمانهٔ درگیری اصل دعوا، این‌گونه حرمت‌نگه‌داشتن‌ها امکان پـذیر نبوده است.

در چنین شرایطی، طبیعی و بدیهی است که خیام، یکی از آخرین متفکران سده‌های سیاه، که تمامی بارِ تعهدِ رسانیدنِ پیامِ خفه در گلوی دانش‌مندان و فلاسفهٔ مظلوم ایران‌زمین را بر دوش خود احساس می‌کرد، به رندی توسل جوید و تحت فشارهای عرفا و قشریون و متعصبان سروده باشد:

دشمن به غلط گفت که من فلسفیم

اما خود این افراد غیر علمی که چنین فشار وارد می‌آورند وقتی گرفتار می‌شوند دست به دامان همان دانش‌مندان و حکما دراز می‌کنند. نمونه‌های تاریخی این سخن بسیار است، به عنوان مثال سنائی، هنگامی که به اتهام سرقت تحت تعقیب قرار می‌گیرد، در نامه‌ای دست به دامان خیام می‌شود:

«توقع این عاشق صادق آنست که چون نوشته بدان پیشوای حکیمان (خیام) رسد در حال به ذوالفقار زبان حیدروار سرشان بردارد و به دره صلابت عمری (تازیانهٔ خلیفهٔ دوم که در امر احتساب و تنبیه گناه‌کاران معروف است) بنیت نیت ایشان ذره ذره کند»

(گزیدهٔ سنائی، سجادی).

این نامهٔ خواندنی و قابل توجه را بسیاری از مورخین نقل کرده‌اند:

«محقق فاضل، آقای مجتبا مینوی، آن را در مجلهٔ یغما سال سوم شمارهٔ پنج با شرح مفیدی منتشر ساخته و آقای دکتر معین آن را عیناً در تعلیقات چهار مقاله نقل کرده‌اند»

(دمی با خیام، دشتی).

به جز نامهٔ یادشدهٔ بالا اشعار سنائی در مخالفت با فلاسفه شگفت‌انگیز است و نیازی به توضیح نیست که اشاراتی چون نفس طبیعی – کاهل نمازی – حکیم زشت خوی – اعتقاد اهل یونان داشتن – فلسفه خواندن – شاعری گذاردن... خطوطی است که سنائی با آن عمر خیام را ترسیم می‌کند.

نگفته پیداست بیشتر فحش‌های سنائی عارف به خاطر آن است که خیام

خودش را از ماجرای سرقت دکان طلا فروش جنب کاروانسرا کنار کشیده، به سنائی متواری کمکی نکرده است.

به این ترتیب فلسفه در قرن پنجم و ششم مورد نکوهش بود و آزار صاحبان آن امری عادی به شمار می‌رفت. در این قرون، فلسفه در منازل بـه طـور خـصوصی تدریس می‌شد و سوزاندن کتب فلسفی نیز معمول و متداول بود. در این قرون دربارها و عوامل مذهبی هر دو از اندیشیدن مردم بیم داشتند و آنان را از تفکر باز می‌داشتند و خواص قوم به فلسفه با بدبینی می‌نگریستند.

در یک کلام، متشرعین، فلسفه را به بدبینی و گمراهی و کذب متهم می‌کردند. برخی از علمای دین، به یاری دولت‌ها که مدد کارشان بودند می‌شتافتند. در عهد فرمان‌روائی سلجوقیان در ایران و عراق تعقیب و آزار فلاسفه آغاز شد. این تعقیب‌ها در بسیاری از موارد به علوم نیز سرایت کرد. خصومت آمیخته به تعصب نسبت به علوم از طرف فقیهان و متکلمان ابراز شد:

«کتابخانهٔ یک فیلسوف مرده به دست عوام آتش زده شد. واعـظی بـه دست خویش کتاب نجوم ابن‌هیثم را در آتش افکند و صورت‌الارض را کـه در آن کـتاب منقوش بود علامت منحوس بی‌دینان خواند».

و این ابن‌هیثم یا ابن‌هییم یکی از بزرگ‌ترین ریاضی‌دانان طول تاریخ است که ۲۰۰ کـتاب ریـاضی نـوشته، در بسـیاری مـقولات ریـاضی و نـجومی پـیش‌گام ریاضی‌دانان و منجمین بزرگ جهان بوده است. و این صورت‌الارض که در این جا نام برده می‌شود چیزی نیست جز نقشهٔ کرهٔ زمین (هر اندازه غیر دقیق) که ۷۰۰ سال قبل از نخستین نمونهٔ شناخته‌شده‌اش ترسیم شده است. ماندگارترین کار ابن‌هیثم کتاب المناظر و المرایا یا همان پرسپکتیو است که در آن مسألهٔ معروف به خودش وجود دارد.

زندگی نامهٔ ریاضی دانان دورهٔ اسلامی، قربانی.

در آن دوران آثار تعصبات شدید مذهبی و جنگ بین مذاهب و فرقه‌های مختلف

اسلام در همه جا مشهود است. کشور ما زیر نفوذ فرقه‌های مختلف اسلامی بوده، هیچ کس هم هیچ کس را قبول نداشته است.

شاهان و رجال دراین گونه عصبیت‌ها وارد شدند و به سخت‌گیری نسبت به مذاهبی که با آن‌ها نظر مساعدی نداشتند مبادرت کردند و علما و فقها نیز در این کار با آن‌ها هم‌داستان شدند. بین فقها و صوفیه گاه کار به خون‌ریزی می‌انجامید.

از فرقه‌های عمدهٔ آن دوران که برخی نیز به شدت آزار دیدند باید از فرقه‌های زیر نام برد که گویا همه به آزار (و احیاناً کشتن) یک‌دیگر مشغول بوده‌اند:

اشعریه - معتزله - کرامیه - حنفیه - شافعیه - شیعه - صوفیه - قرمطیه - حنبلیه - طحاویه - اسماعیلیه - ماتریدیه - جنیدیه - محدثه - ظاهریه - رافضیه - فقهیه - صدقیه - صفاتیه - مشبهه - سببیه - قدریه - متکلمون - اخوان‌الصفا.

البته قضیه به همین جا ختم نمی‌شود و گروه‌های کوچک‌تری مانند **صفاتیه** و **مجسمه** نیز وجود داشته‌اند که به هر حال نقش خود را ایفا کرده‌اند. این فهرست به‌هیچ‌وجه کامل نیست اما برای نمایش تفرقهٔ گروه‌های مذهبی کفایت می‌کند.

محمود غزنوی گفته بود: «در همه جهان قرمطی می‌جویم و آن‌چه یافته آید بر دار می‌کشم». (قرمطی=مخالف مذهب و دین) این مربوط به فرقه‌های اسلامی بود. غیر مسلمانان که جای خود داشتند و آزار آنان از حساب خارج بوده است: «آنان باید مشخص می‌بودند و به این جهت آنان را یهودانه می‌بستند که قطعه‌ای پارچهٔ زردرنگ بود که بر سینه و بر پشت آنان می‌دوختند».

نیشابور، نخستین پای‌تخت سلجوقیان، یکی از مراکز مهم عصبیت‌های مذهبی بود. محمدرضا شفیعی کدکنی در تعلیقات اعلام تاریخی اسرارالتوحید در مورد فرقه‌های مختلف اسلامی و نقش هر یک و خرد ستیزی سیاه اشعریه به تفصیل گفت‌گو کرده است. او می‌نویسد:

«تاریخ فرهنگ ایران از قرن سوم تا همین لحظه دیالکتیک (جدال) ایدئولوژی اشعری (خردستیزی) و ایدئولوژی معتزلی (خردگرائی و در مواردی اومانیسم) است.

حتا در دوره‌های اخیر (از مغول به بعد) که ظاهراً نامی از اشعری و معتزلی دیده نمی‌شود بازهم نزاع خردستیزان و خردگرایان عملاً وجود دارد».

دست نوشتهٔ محمدرضا شفیعی کدکنی.

یکی از منابع مهمی که می‌تواند در مورد این گروه‌ها مورد رجوع قرار گیرد «تاریخ فلسفه در اسلام» است:

«اشاعره و معتزله بر سر این مسأله با یک‌دیگر اختلاف نظر دارند که آیا عقل را باید اساس و منشاء حقیقت و واقعیت قرار داد یا وحی را... (و در این مورد) کلام عقلی و استدلالی معتزله با کلام آغازین اشاعره اختلاف پیدا می‌کند».

تاریخ فلسفه در اسلام، محمد شریف.

در روزگار سیاه تلخ‌تر از زهر، که فقیهان و محدثان بر هر چه به فکر و فلسفه و علم مربوط است خط بطلان کشیده بودند، خورشیدگونه مردی از دل تاریکی پدید آمد که: «در همهٔ آراء و عقاید زاهدان و فقیهان و حدیث‌گویان و در تمام سخنان و آراء عامه شک نمود و حتا در کارهای خدا نیز چون و چرا کرد. چنان که او را بی‌احترامی‌کننده‌ترین شاعر به مقدسات و سقرات منش‌ترین آنان به حساب آورده‌اند و ویکتور برار او را ولتر اسلام نامید. او یک دانش‌مند کامل و یک فیلسوف بی‌همتا بود».

فلسفه که «علم تعطیل» خوانده می‌شد مطرود و خطرناک بود. فلاسفه معتقد بودند، پس از آفرینش نخستین، ذات باری‌تعالی به سایر امور دخالت نکرده است و انسان با کمک خرد باید راه خود را بپیماید. این شبیه به اندیشگی دئیسم(Deism) است که سال‌ها بعد در اروپا ریشه گرفت و حکمای مشهوری چون «ولتر» و «دیدرو» پیرو آن بودند. قشریون می‌گفتند این «تعطیل» مقام پروردگار است.

به همین دلیل ما هیچ نوع ساختار فلسفی (جز الاهیات) نداریم و متفکر معاصر ما ناگزیر باید به خارج از مرزها بنگرد. غیبت فلسفه در حضور فشار، هم‌واره باعث این فاجعهٔ مخوف ملی می‌شود و می‌توان نمونه‌های بسیار از چرخش اهل فلسفه و

متفکر معاصر ایرانی، به غرب و شرق و عرب و چین و ماچین و هند و ژاپن و جابلقا و جابلسا به دست داد. این است بزرگ‌ترین لطمه‌ای که در ظلمات از قشریون متشرع خورده‌ایم.

هم‌واره، هم‌راه انسان‌های بزرگ، توده‌ای از غبار بدخواهی و بداندیشی وجود دارد. معمولاً حقد و حسد چنان نیروی تعیین‌کننده‌ای دارد که مطالعهٔ زندگی هیچ بزرگ تاریخ، بدون توجه به دشمنانش کامل نیست.

شیخ نجم‌الدین رازی، موسوم به دایه، که از بزرگان صوفیه است، در کتاب مرصادالعباد من‌المبداء الی‌المعاد می‌نویسد:

(مرصاد=کمینگاه، گذرگاه)

«دهری و طبایعی از این دو مقام محروم‌اند و سرگشته و گم‌گشته‌اند. یکی از فضلا به نزد نابینایان به فضل و حکمت و کیاست معروف و مشهور است و آن عمر خیام است که از غایت حیرت و ضلالت این بیت گوید»:

در دایره‌ای کامدن و رفتن ماست
آن را نه بدایت نه نهایت پیداست
کس می‌نزند دمی در این معنی راست
کاین آمدن از کجا و رفتن به کجاست

همچنین

دارنده چو ترکیب طبایع آراست
باز از چه سبب فکندش اندر کم و کاست
گر زشت آمد این صور عیب کراست
ور نیک آمد خرابی از بحر چه خواست

حضرت شیخ نجم‌الدین دایه، با این جلافت، (جلف، زشت) بزرگ‌ترین هزّالی (شوخی) تاریخ ادب را پی می‌افکند، زیرا تمام محققانی که به دنبال خیام گشته‌اند، از کار دایه و از هر دو رباعی‌اش سود جسته‌اند و این دو رباعی، عمده‌ترین دلیل اثبات

وجود خیام شاعر است. اگر شیخ این فحش را به خیام نداده بود، خیام از بین رفته بود و امروز هیچ کس قادر به یافتنش نبود. یعنی خود صوفیان و مذهبیون خیام را حفظ کردند و ما از این بابت به آنان مدیونیم.

یکی دیگر از دشمنان بزرگ خیام، قاضی جمال‌الدین علی قفطی است (۵۶۸-۶۴۶) او مشحون از اطلاع و خبر ولی آمیخته با تعصب است. محققی قابل اعتماد است و در باب اشعار خیام چیزی نوشته که سخت به خواندنش می‌ارزد:

> او در علم نجوم و حکمت بی‌نظیر بود و در این رشته‌ها ضرب‌المثل. کاش عصمت نصیبش می‌گشت. شعرش چون پرهای ریزی که از زیر بال‌ها ظاهر شود همه سو پراکنده است و قصدش در ناصافی‌های آن‌ها پنهان.

فرزانه گزارش کامل قفطی را از تاریخ‌الحکما نقل کرده می‌نویسد، گزارش قفطی را چنین می‌توان تجزیه تحلیل و خلاصه کرد:

۱ – تا حد پیشوایی در خراسان مشهور بود.

۲ – بسیار دانا و صاحب معلومات بود.

۳ – علوم یونانی را تا حد تعلیم می‌دانست.

۴ – نظریهٔ فلسفی خاص داشت.

۵ – مملکت‌داری را با اصول یونانی تشویق می‌کرد.

۶ – شعرهائی سروده که همان رباعی‌هاست.

اما از همه مهم‌تر، آن کس که باید هم‌واره در کنار خیام به او پرداخت، آن کس که مخالف‌ترین عنصر تاریخی عقلای این سرزمین است، و سد کبیر در مقابل عقل سلیم است، آن نادرهٔ ایام، که حکم به تکفیر فیلسوفان کرده است، امام محمد غزالی، بزرگ بزرگان اشعری، و یکی از بازدارندگان اصلی جریان دانش و فلسفه در این سرزمین است.

شهرت خیام در حکمت چنان بالا گرفته بود که فقها و اساتید الاهیات نیز نزد او حکمت می‌آموختند: «یکی از فقها هر روز قبل از طلوع آفتاب پیش حکیم عمر خیام می‌آمد و نزد او درس حکمت می‌آموخت اما چون به میان مردم می‌رفت از حکیم به زشتی یاد می‌کرد». آن‌چه به نقل از تواریخ در مورد افشاگری خیام نوشته‌اند سخت خواندنی است. خیام به داهیانه‌ترین طریقی مشت فقیه را باز می‌کند:

«زکریای محمد قزوینی در آثارالبلاد و اخبارالعباد و شمس‌الدین محمد تبریزی در مقالات شمس تبریزی نقل کرده‌اند، امام محمد غزالی هر روز پیش از طلوع آفتاب نزد خیام رفته، کتاب اشارات ابن‌سینا که در فلسفه و منطق است می‌خواند. چون غزالی در امر دین و مذهب متعصب بود، هرگاه از نزد وی بیرون می‌رفت، خیام را در انظار عوام نکوهش می‌کرد و به زشتی نام می‌برد. خیام از این مطلب آگاهی یافت. یک بار پیش از آن که غزالی به درس‌خواندن بیاید گروهی از مطربان و طبالان را در سرای خود آورد و گفت هرگاه من درس گفتن آغاز کردم شما بنوازید. آنان نیز چنین کردند. هنگام اذان صبح بود و مردم کوی و برزن از خرد و کلان به سرای خیام هجوم آوردند و دیدند امام محمد غزالی نزد خیام کتاب گشوده درس می‌خواند. خیام به تماشاگران گفت ای مردم نیشابور! می‌بینید؟ این امام و مفتی شما مسلمانان است که هر روز پگاه می‌آید نزد من درس می‌خواند، سپس بیرون رفته به من نسبت فساد عقیده می‌دهد. از او بپرسید هرگاه این علوم کفریات است چرا نزد من آمده این کفریات را درس می‌گیرد»؟

اما این حضرت امام محمد غزالی، نه از آن نازنین‌هاست که فقط از این دسته گل‌ها به آب داده باشد:

کار غزالی در دربار سلجوقیان بسیار بالا گرفت. «روز به روز بر مقام و تقرب غزالی

در نزد خواجه و ملک‌شاه افزوده می‌گشت تا این که منصب تدریس در نظامیهٔ بغداد را به او مفوض کردند. غزالی به سال ۴۸۴ بر کرسی تدریس نظامیه بنشست... پیوسته مقام ظاهری و عزت و حشمت او در افزایش بود».

غزالی سپس در مسائل دینی تا رفیع‌ترین درجات بالا می‌رود. جلال‌الدین سیوطی در بغیةالوعاة (چاپ مصر) نوشته: «اگر بنا بر این بود که خدا پیامبری پس از محمد برانگیزد بی‌شک آن پیامبر غزالی می‌بود».

غزالی که در مسائل دینی تا آن حد بالا و در دستگاه حکومتی نیز صاحب نفوذ خارق‌العاده است تصمیم به پالایش آلودگی‌های فرقه‌ای و مذهبی می‌گیرد. او که خردستیز اصول‌گرای اشعری است کار خود را با نبرد با فلاسفه می‌آغازد.

غزالی در کتاب تهافت الفلاسفه «در سه مسأله حکم به کفر فیلسوفان داده است و در هفده مسأله به بدعت‌شان منسوب داشته است. کتاب تهافت الفلاسفه شامل بحث مستوفی در بارهٔ هر یک از این مسائل و بیان عجز و تهافت (خطاهای) حکیمان است. غزالی در آخر این کتاب چنین می‌گوید:

> اگر کسی بپرسد حال که مذاهب این جماعت را بیان کردی آیا به طور قطع حکم به کفرشان می‌کنی؟ گویم: آری بی هیچ تردید تکفیر آن‌ها در سه مسأله حتمی است ... و باقی مسائل چیزهائی است که مذهب‌شان به معتزله نزدیک است».

یک جنگ اتمی کامل‌عیار با دانش‌مندان و خردگرایان بی‌پناه سده‌های میانهٔ ایران. تأثیرات منفی این عالِمِ مسلمان در جهان اسلام، از هر حد قابل تصور خارج است.

«غزالی در برابر فیلسوفان و اندیشه‌های فلسفی آنان ایستاد تا آن را تباه کرد و همهٔ مشتغلان بدان را تکفیر کرد و بعدها تعقیب و شکنجهٔ بیش‌تر فیلسوفان و دانش‌مندان بر اساس گفته‌های او قرار گرفت. تا این که فلسفه از مشرق به مغرب یعنی اندلس انتقال یافت. در این باره بر غزالی خرده‌ای نمی‌توان گرفت جز این که

مردی دین‌دار و تنگ‌نظر بوده است. غزالی مخالفان رأی دینی خود را به زندقه نسبت می‌دهد و در حکم خویش پابرجاست. و فاصلهٔ میان حکم به زندیقی و حکم به قتل سخت نزدیک است. غزالی از تکفیر ارسطو و پیروان او از فیلسوفان اسلامی دریغ نورزیده است:

تکفیر ارسطو و تکفیر همهٔ پیروانش از فیلسوفان اسلامی چون ابن سینا و فارابی و امثال آن‌ها واجب است.

اگر زمام حکم مردمان در دست غزالی بود از کشتار کسانی که زندیق‌شان می‌نامید باکی نمی‌داشت... اگر اندکی دقیق و باریک شویم خواهیم دریافت که علت عقب ماندن مسلمانان در هنرهای زیبا و موسیقی و غیره چه بوده است».

«مسلمان باید از صناعت نقاشی و صورت‌گری و رنگ‌آمیزی و گچ‌بری و همهٔ کارهائی که دنیا بدان زینت یابد بپرهیزد».

البته احتمالاً این طور هم نیست که تمامی این حرف‌ها از خود غزالی شروع شده باشد: صاحب تاریخ‌الحکما می‌گوید: غزالی بسیاری از مطالب این کتاب را از تألیفات یحیا نحوی انتحال (سرقت) کرده است.

علی‌اصغر حلبی در مقدمهٔ تهافت‌الفلاسفه تا حدودی پرده‌ها را بالا زده است. در این مورد اما هنوز جای تحقیق گسترده‌ای باز است که در شرایط بازتری به آن خواهیم پرداخت.

غزالی هنوز هم زنده است و مترقی بودن در جوامع عقب افتاده امکان پذیر نیست. تفکر جدی برای سلامتی اندیش‌مندان این جوامع نه تنها مفید نیست بل خطرهای جدی دارد. علی‌القاعده خیلی خوش نمی‌گذرد که انسان در قرن پنجم باشد، مترقی باشد، و مقابل انگشت اشارهٔ امام محمد غزالی قرار بگیرد. آری فاجعهٔ حیرت بار و دردناک خیام در جغرافیای زیستش و در تاریخ روزگارش متجلی است. گلایهٔ این منجم بزرگ در مقدمهٔ جبر، جگر روزگار رابه آتش می‌کشد:

«ما در زمانی هستیم که از اهل علم جز عدهٔ کمی مبتلا به هزاران

رنج و محنت کسی نمانده است... بسیاری از معاصرین متظاهر و علم‌فروش مال حق را جامهٔ باطل می‌پوشانند و گامی از حد خودنمائی و تظاهر به علم فراتر نمی‌گذارند و آن‌چه را از علوم می‌دانند فقط در اغراض جسمانیهٔ پست صرف می‌کنند و اگر مشاهده کنند که کسی متوجه طلب حق است و شیوهٔ او راستی است و در ترک باطل و دروغ و خودنمائی و مکر و حیله می‌کوشد او را استهزاء و تحقیر می‌کنند».

ریاضی‌دان‌منجم‌شاعرِ دل‌سوخته نیز بی‌کار ننشسته تصویر معاصران خود را برای ابد بر جای گذاشته است:

گاوی است بر آسمان قرین پروین گاوی است دگر نهفته در زیر زمین
چشم خردت باز کن از روی یقین زیر و زبر دو گاو مشتی خر بین

نمونه‌ای از برخورد متفکران معاصر

مورخ علم، پی‌یر روسو، در کتاب معتبر تاریخ علوم نکاتی از زندگی ارستو آورده که نگاه غالب محافل علمی معاصر به ارستو است:

ارستو در ۳۸۴ قبل از میلاد در کالسیدیک در شهر کوچک استاژیر متولد گردید و هیجده سال داشت که در آکادمی پذیرفته شد. وی نسبت به شخص خود عقیدهٔ بسیار داشت و این عقیده بعدها کاملا تأیید شد و نیز گمان می کرد که افلاتون او را به عنوان رئیس مکتب جانشین خود خواهد کرد. اما افلاتون اسپوسیپ را انتخاب کرد و ارستو که از این موضوع سخت آزرده خاطرشده بود در سال ۳۴۳ قبل از میلاد به آسیای صغیر رفت و پادشاه مقدونی تربیت فرزند خود را به عهده او گذاشت، همان فرزندی که بعدها فاتح بزرگ و اسکندر کبیر گردید. وقتی که تعالیم وی به شاگردش به نتیجه ای رسید به آتن مراجعت کرد و در آنجا مکتب جدیدی تأسیس کرد و همواره با شاگرد قدیمش روابط حسنه داشت. اسکندر نیز حتی بعد از لشکرکشی به آسیا و فتح کشورهای بزرگ هیچگاه از تبادل نظریات علمی با استاد سابقش خودداری نمی‌کرد. این موضوع برای ارستو تولید مشکل بزرگی کرد زیرا سلطان مقتدر فقط به فتح آسیا اکتفا ننمود و یونان را نیز تصرف کرد به قسمی که

فیلسوف بزرگ نمی‌دانست چگونه باید با دشمن وطن خود روابط دوستانه داشته باشد که متهم به خیانت نشود. تا وقتی اسکندر زنده بود مشکلی ایجاد نشد اما بعد از مرگ او که قوم یونانی زنجیر اسارت را پاره کرد ارستو مجبور شد خود را نجات دهد و به کالسیس فرار کند.

ارستو نسبت به افلاتون چندان نظر خوشی نداشت و به همین دلیل بود که در مقابل آکادمی مکتبی رقیب با آن به وجود آورد و چون این مکتب در جوار معبد آپولون لیسین Lycien واقع بود نام آن را لیسه گذاشتند و فیلسوف بزرگ در حالی که در خیابان‌های مشجر آن قدم می‌زد تدریس می‌کرد. وی در آن زمان مردی خوش لباس و مرتب ولی بسیار فربه و دارای شکم بر آمده و سر طاس بود. ریش خود را کاملا می‌تراشید و به جنس لطیف علاقهٔ فراوان داشت و از این رو همه او را مورد سرزنش قرار می‌دادند. در عین حال که مخالفین خود را تمسخر می‌کرد مردی قانونی و باسخاوت بود و افسانه‌هایی که نقل می‌کنند مبنی بر این که نسبت به استاد قدیم خود افلاتون سخنان توهین آمیز برزبان می‌راند امروزه دارای هیچ‌گونه اعتباری نیست.

هنگامی که ارستو به بحث درباره مسائل علمی پرداخت علوم کم‌کم از فلسفه جدا می‌شد. انواع مختلف معرفت که تا آن زمان دسته جمعی به سر می‌بردند از یک‌دیگر کناره گرفتند. عادت بر این جاری شده بود که جمعی در بارهٔ مطالعات نظری ماوراءالطبیعه از قبیل مباحثات در بارهٔ تشکیل و ساختمان جهان، سیاست، اخلاق و غیره گفتگو کنند و عده‌ای دیگر به مسائل دقیق مربوط به اعداد و اشکال و اشیاء بپردازند. دانشمندان در قسمت‌های مختلف

متخصص می‌شدند. کسانی که میل مطالعهٔ نجوم را داشتند دیگر در بارهٔ شعر و شاعری وقت صرف نمی‌کردند. اطباء از هندسه گفتگویی نمی‌کردند و موسیقی‌دان‌ها جز به موسیقی نمی‌پرداختند.

ارستو لیسه را افتتاح کرد چون می‌خواست آن‌جا را تبدیل به دانشگاه کند. یعنی همه چیز را تدریس کند. تصمیم گرفت در تودهٔ درهم و برهم معارفی که از قدما باقی مانده بود نظم و ترتیبی برقرار کند. پس شاگردان خود را به دسته‌های چندی تقسیم کرد که هر یک از آن‌ها می‌بایست در قسمت معینی از معرفت انسان مطالعه کند. از این کار مشترک دایرةالمعارف با عظمتی نتیجه شد که از منطق مطلق شروع می‌کرد و به حیوان‌شناسی و فیزیک و نجوم و هواشناسی و غیره می‌رسد. بنابراین بسیاری از جزئیات آثار ارستو ممکن است از خود او نباشد و فقط در مکتب او مورد مطالعه قرار گرفته باشد.

مطالعات فراوان ارستو نشان می‌دهد که وی معلمی واقعی بوده است. به او لقب معلم اول داده‌اند. همه چیز را تدریس می‌کرد و می‌بایست برای جواب دادن به همه نوع سوآلی آماده باشد. همهٔ دانشمندان قبل از خود را مورد قضاوت و مطالعه قرار داد و دست رد بر سینه هیچ‌کدام نگذاشت. گاهی بعض آن‌ها را با نهایت شدت ملامت می‌کرد و گاه از بعض دیگر اظهار رضایت می‌نمود. مغزهایی که برای راه حل‌های منظم ومرتب حریص بودند می‌توانستند نهایت رضایت را از او داشته باشند: «طبیعت نکته‌ای را تاریک نگذارده است و همه چیز را می‌توان با نور استدلال روشن کرد».

استدلال ارستو بر خلاف استدلال افلاتون متکی بر مبانی ریاضی نبود زیرا استاد در این علم تقریباً جاهل بود، به عکس وی

غالباً بر نوعی از استدلال ماوراءالطبیعه و عجیب متکی می‌شد که به منتها حد ممکن از حقیقت دور بوده است. مثلا مؤسس لیسه از خود سوآل می کرد که **چرا تیر از کمان چو رفت در فضا پرواز میکند و جواب می داد: به این علت که مکان طبیعی او سینه آن سرباز دشمن است**. بنابراین برای بیان قوانین طبیعت و به وجود آوردن علم، به هیچ‌وجه احتیاج به تجربه نیست و حتی لازم نیست که به اطراف خود نگاه کنیم، بلکه کافی است عللی را که محرک تمام نمودهای طبیعی می‌باشند جستجو نمائیم.

حاصل این نوع تحقیق علمی را هر کس به خوبی می‌تواند حدس بزند. گاهی ارستو بدیهیات را انکار می‌کند: **برف آب یخ بسته نیست، زیرا اصلا برف به صورت آب نیست**. گاهی نیز مطالبی را که قدما قطعی و محقق می‌دانستند رد می‌کرد. وی اطمینان می‌داد، هوایی که تنفس می‌کنیم صرف سرد کردن خون انسان می‌شود. روشن‌ترین اختراعات ارستو دستورهای مؤثری است که برای تفکیک مسائل از یک‌دیگر داده است و به سهولت قابل اجرا است. وی ماشینی به‌وجود آورد که چون یک‌بار به حرکت و جنبش در آید ما را مجاز می‌دارد که با عمق کامل تفکر کنیم و به طرف دانش واقعی نزدیک شویم.

گذشته از آن، این موضوع قابل تأمل است که ارستو در زمان پیری به روش تجربه و مشاهده عقیدهٔ بیش‌تری پیدا کرد زیرا به خصوص در کتاب‌های تاریخ طبیعی خود این روش را به کار برده است. به قسمی که اگر اوضاع خاص زمان او را در نظر گیریم و ملاحظه کنیم که در آن زمان فیزیک وشیمی وجود نداشته است و به طریق اولی ذرّه‌بین و میکروسکوپ هم موجود نبوده است

نـمی‌توانـیم از تـحسین کـتاب‌های او دربـارهٔ تـاریخ حـیوانـات و نسل‌های حیوانات و اجزای حیوانات خودداری کنیم. در کتب مزبور چنین اظهار می‌دارد کـه **موجودات زنده در نتیجهٔ یک اصل غـیر مادی به جنبش در می‌آیند و به سوی هدف مشـخصی مـتمایل هستند.** البته اصـل فکـر از نـوع افکـار مـاوراءالطـبیعه است ولی معلومات مثبت بسیار و اطلاعات تشـریحی مـفصل و مـلاحظات استادانه‌ای درباره زندگانی حیوانات در آن جمع‌آوری شده است. به عنوان مثال مطالبی که دربارهٔ کیفیت زندگانی مـاهیان بـخصوص ماهی اژدر نوشته جالب توجه است و نیز زندگانی زنبوران عسل و چگونگی حالات عنکبوت دریایی و ماهی مرکب و اخـتلاف بـین ماهیان و پستان‌داران در آن شرح داده شده است. در فیزیک نـیز تجاربی انجام داد و ثابت کرد که هوا دارای وزن است و برای این کار مشک پر بادی را با دقت وزن کرد و سپس باد آن را خالی کـرد و دوباره وزن کرد.

بالاخره این نکته را باید تذکر داد که اگر مدت دو هـزار سـال افکار ارسطو را به منزلهٔ ماشین جنگی بر علیه پیشرفت علوم مثبت به کار بردند نباید تقصیر آن را به گردن استاد انداخت.

مطلق پنداری

ارستو مدت بیست قرن سلطان بلامنازع بود. در این فاصله دو دین بزرگ مسیحیت و اسلام ظهور کرد. البته ادیان دیگری نیز مانند مانی پدیدار شدند که امروزه چندان قوی نیستند. هر دو دین مسیحیت و اسلام برای اثبات وجود خدا از تعالیم ارستو بهره گرفتند. شیوهٔ ارستو راه بر ورود همه نوع اندیشهٔ دیگر بست. اکنون بیست و چهار قرن از ارستو می‌گذرد.

دو هزار سال اول سیاه و خونبار است. آیا این که ارستو مدت دو هزارسال، سلطنت استبدادی در پیش گرفت، گناه خود اوست یا به کاستی‌های دیگران بر می‌گردد؟ آیا شخص ارستو در این موارد به واقع بی‌گناه بوده است؟ و مگر نه این که مطلق پنداری و مطلق انگاری قاطعیت شمشیر را ایجاب می‌کند؟ و مگر نه این که از ارستوی دانای کل توقع می‌رود که این می‌دانست؟ و مگر نه این که خودش را محکوم به مرگ کردند تا آنجا ناگزیر به فرار از خانه و کاشانه شد؟

از نظر ارستو، جهان و آنچه در اوست، محاط در اندیشهٔ انسان است. محاط در اصل علیّت است. محاط در منطق اعلی است.

ریشهٔ اصلی و اولیهٔ منطق بر سه اصل استوار است:

قانون اول منطق چراغِ روشن، روشن است.

قانون دوم منطق چراغِ روشن، خاموش نیست.

قانون سوم‌منطق چراغ یا روشن یا خاموش و نه چیزی بین

این دو است.

به خاطر اهمیت اصلی منطق باید بیش‌تر بکاویم. نام این سه اصل در انگلیسی:

1) The Law of Identity

2) The Law of Noncontradiction

3) The Law of the Excluded middle

زبان مادری من فارسی است اما برخی ترجمه‌های ارسطو به ویـژه در مـیدان منطق به گونه‌ای است که ناگزیر می‌شوم از خیر فارسی بگذرم و انگلیسی بخوانم. این سه اصل را در یکی از بهترین آشکال پذیرفته شده‌اش به صورت زیر ترجمه کرده‌اند:

۱ – اصل اینهمانی

۲ – اصل امتناع تناقض

۳ – اصل طرد ثالث = اصل طرد شقّ میانی

به زبان خودمانی، اصل اول یعنی هر چیزی خودش است. یک سیب، سـیب است. اصل دوم یعنی یک چیز ضد خودش نیست. گرم، سرد نیست. اصل سوم یعنی یا زنده یا مرده، وسطش چیزی نیست.

حالا بیائیم از دو عدد صفر (۰) و یک (۱) در قوانین منطق استفاده کنیم و حالت روشن را یک (۱) و حالت خاموش را صفر (۰) در نظر بگیریم.

قانون اول چراغ روشن (۱) روشن (۱) است.

قانون دوم چراغ روشن (۱) خاموش (۰) نیست.

قانون سوم چراغ یا روشن (۱) یا خاموش (۰) و نه چیزی بین این دو است.

در قوانین بالا فقط صفر (۰) و یک (۱) را مشاهده می‌کنیم و چیز دیگری اینجا حضور ندارد. به زبان ریاضی:

یک (۱) یک (۱) است

یک (۱) صفر (۰) نیست

یا یک (۱) یا صفر (۰) و نه چیزی بین این دو.

این منطق نهایتا به حکمی بنیادی تقلیل می‌یابد: «الف» یا «ضد الف». درست یا غلط. در منطق نمی‌توان در آن واحد «الف» و «ضد الف» داشت. منطق دوتایی (binary) به «قانون» اساسی اندیشه تبدیل شد. تمامی مکاتب بعدی، از این منطق بهره جستند. بسیاری از این مکاتب، صرفا بر پایهٔ ارستو بنا نهاده شد و منطق «الف» یا «ضد الف» مدت دو هزار سال حاکم مطلق جهان بود. با در اختیار داشتن این قانون، به راحتی می‌توان «دید» اکنون که فقط «الف» درست است و اکنون که «الف» نزد ما است، پس هر غیر «الف» یعنی هر «غیر ما» نادرست است و می‌توان به نادرستی قطعی «ب» حکم کرد. در حالت‌های بنیادی حتا می‌توان به حذف «ب» فتوا داد. همان گونه که در طول تاریخ بارها به شکنجه و مثله کردن و سوزاندن فلاسفه و اهل اندیشه حکم داده‌اند.

اما برای رسیدن از سرد به گرم یا از گرم به سرد ناگزیر می‌شویم از تعدادی ایستگاه بین راه عبور کنیم. قطب شمال سرد است، خط استوا گرم است، اما برای رفتن از یکی به دیگری به ناگزیر باید از تعدادی ایستگاه بین راه عبور کنیم. البته ممکن است عبور از سرد به گرم و بالعکس، خیلی سریع رخ بدهد اما در هر حال تعدادی ایستگاه بین راه وجود دارد. داخل فریزر سرد است. بیرون فریزر گرم است. اما برای رفتن از یکی به دیگری باید از پوشش بیرونی بدنه، از جدارهای داخلی بدنه و از پوشش داخلی، یعنی از ایستگاه‌های بین راه عبور کنیم. اگر در فریزر را باز بگذاریم، این ایستگاه‌ها در هوا تشکیل می‌شود و میزان‌الحراره‌هایی که در فواصل مختلف قرار می‌گیرند اعداد مختلفی را قرائت می‌کنند.

اکنون به چراغ‌ها برگردیم و ببینیم روشن بودن چراغ در عمل چگونه و به چه معناست. وقتی چراغ برق را روشن می‌کنیم جریان الکتریسیته به دو سر یک سیم نازک درون لامپ وصل می‌شود. این جریان تولید گرما می‌کند. به تدریج گداخته

می‌شود و نور ساطع می‌کند و حالت روشن چراغ پدید می‌آید. وقتی به لامپ روشن نگاه می‌کنیم، مدتی از روشن کردن آن گذشته و گرمای سیم نازک به حد اکثر و حالت پایدار خود رسیده، چراغ روشن به نظر می‌رسد و در طول زمان با نور ثابت می‌درخشد.

حالا دوباره از اول نگاه کنیم و اجازه بدهیم زمان در اصطلاح اهالی سینما «اسلو موشن» یا با دور کُند بگذرد و با گام‌های بسیار آهستهٔ چند هزارم ثانیه‌ای نگاه کنیم. اکنون صحنهٔ دیگری می‌بینیم. کلید برق را که زدیم جریان الکتریسیته با سرعت نور به دو سر سیم نازک منتقل می‌شود. اتم‌های داخل سیم نازک به تدریج (و نه همه با هم) متوجه حضور اختلاف پتانسیل می‌شوند. به محض دریافت اطلاعات الکتریسیته، اتم‌ها شروع به حرکت می‌کنند و اختلاف پتانسیل دو طرف خود را تبدیل به انرژی جنبشی می‌کنند. در یک مقطع زمانی، در اثر حرکت ذرات داخل اتم‌ها، سیم نازک شروع به گرم شدن می‌کند. از یک جائی به بعد به آرامی گداخته می‌شود و به تدریج از خود نور ساطع می‌کند و روشن می‌شود. در شروع، نور مختصری به بیرون می‌تراود، به تدریج که درجه حرارت بالا رفت مقدار نور بیش‌تر و لامپ روشن‌تر می‌شود، تا جائی که در طول زمان و به تدریج نور آنقدر بیش‌تر می‌شود که به حداکثر مقدار خود می‌رسد. یعنی از لحظهٔ اول ساطع شدن نور، لامپ روشن است و تا رسیدن به مقدار حداکثر تشعشع، دائم روشن‌تر می‌شود. روشن شدن لامپ آنی نیست و تدریجا از نور کم‌تر شروع شده تا به نور بیش‌تر می‌رسد اما چون همهٔ این ماجرا در کسر کوچکی از ثانیه رخ می‌دهد، به نظر ما روشن شدن نور آنی است.

همان گونه که بین روشن‌ها درجات مختلف حرارت و درخشندگی هست، خاموش شدن نیز عینا همین مراحل را برعکس طی می‌کند. از لحظه‌ای که جریان برق را قطع می‌کنیم سیم نازک شروع به خنک شدن می‌کند اما طول می‌کشد تا نور خود را از دست بدهد، تاریکی سیم تدریجی است. از یک مقطع زمانی به بعد به

چشم ما نور نمی‌رسد اما اگر با دوربین مادون قرمز نگاه کنیم هنوز گرم است و آن را می‌بینیم.

ارستو چندان مقصر هم نیست. «تعقل» تنها ابزاری است که در اختیار دارد و به همین جهت «عقل» را مطلق انگاشته است. بگذریم که امروز معلوم شده «عقل» نیز محاط است و محیط فرض کردن آن سرچشمهٔ خطاست.

سفید و سیاه فقط دو سر طیف خاکستری ها را نشان می‌دهند و باید گفت که سفید و سیاه، حالت ایده‌آلی از نمایش دو سر طیف است، آن‌چه وجود دارد خاکستری است. سفید یعنی خاکستری بسیار روشن. سیاه یعنی خاکستری بسیار تیره. بقیه هر چه هست خاکستری‌است. خاکستری‌های مختلفی که جهان ما را پر کرده‌اند. دو کلمهٔ سفید و سیاه کاملا شفاف و مشخص هستند. اما کلمهٔ خاکستری شفاف نیست و به مفهومی گنگ مانند رقص سایه‌ها که جهان ما را پر کرده اشاره می‌کند. ریاضیات قدیم به شفاف‌ها مشغول بود. به صفر و یک مشغول بود اما بعدها معلوم شد که «سفید صد در صد» و «سیاه مطلق» وجود ندارد. نمی‌تواند وجود داشته باشد. امروزه شاخهٔ اصلی ریاضیات به خاکستری‌ها، مبهم‌ها و گنگ‌ها می‌پردازد. ریاضیات امروز از بحث‌های مربوط به طیف آغاز می‌شود. قبلا با مقولهٔ «صحیح» و «ناصحیح» سر و کار داشتیم اما اکنون صحنه عوض شده که در فصول آتی خواهیم دید.

اهمیت امروزی ارستو در چیست؟

۱ – بررسی و گزارش پیشینیان.

۲ – شروع تقریبا همهٔ شاخه‌های معرفت بشری.

متدولوژی یا روش تحقیق ارستو با تغییراتی جزئی در تحقیقات امروز به کار گرفته می‌شود. ارستو در شروع تحقیق، به شناسائی آن‌چه در آثار پیشینیان وجود داشت می‌پرداخت. این «جستجوی منابع» Literatur Survey است. سپس داده‌های مختلف موجود را گردآوری می‌کرد Data Gathering و به نقد و بررسی اطلاعات و داده‌ها می‌پرداخت و در اصطلاح آن‌ها را پردازش Data Processing

می‌کرد. امروزه روش تحقیق کم و بیش شبیه ارستو است.

ارستو نوعی شاعرانگی پنهان در کار خود نشان می‌دهد. آن طور که ارستو حرکت و محرک و متحرک را بیان می‌کند، آن جور که مکان و زمان را تبیین مـی‌کند، آن نتیجه‌گیری درخشان که مجموعهٔ قضیهٔ حرکت، رسیدن به پایداری و آرامش و خیر است، آن طور که ارستو به جهت حرکات طبیعی به سوی تعادل و خیر و پـایداری سخن می‌گوید و طی صفحات فراوان وارد جزئیات می‌شود می‌توان نتیجه گرفت از نظر ارستو علت حرکت علاقه متحرک به سکون و رسیدن به حالت پایدار است و من دلم می‌خواهد به زبان خودمانی فکر کنم «تیر که از چلّهٔ کمان رها می‌شود می‌خواهد به سکون برسد».

معروف است که اسکندر از ارستو خواست با دارو یا جادو، از بیراهه و به سرعت هندسه را به او بیاموزد. ارستو پاسخ می‌دهد «هیچ راه سلطنتی برای آموزش هندسه وجود ندارد. باید بنشینید و بخوانید و یاد بگیرید». به واسطهٔ اسکندر از او نقل است که برای ادارهٔ سرزمین‌های اشغال شده انسـان‌های کـوچک را بـه کـارهای بـزرگ و انسان‌های بزرگ را به کارهای خُرد بگمار.

باستان شناسان در سال ۱۹۹۶ محل مدرسه را کشف کردند که باعث هیجان فراوان نزد اهالی فلسفه و تاریخ علم شد. ارستو راه می‌رفت و فکر می‌کرد و درس می‌داد. امروزه در بسیاری از پارک‌های جهان راه‌هائی برای قدم زدن و فکر کردن درست کرده‌اند که به آن‌ها راه فیلسوف یا philosopher's walk گفته می‌شود.

ارستو پیروان و عشاق فراوان داشت، یکی از مشهورترین آنان، دانته آلیگیری شاعر بزرگ سده‌های میانه بود که معتقد است «آنجا که مسیحیت خـاموش است ارستو سخن می‌گوید».

معروف است که افلاتون خدا را به دلایل زیر شکر می‌کرد:

– یونانی آفریده شدم نه بربر.

– آزاد آفریده شدم نه برده.

– مرد آفریده شدم نه زن.

– در عصر سقرات به دنیا آمدم.

ارستو به هیچ دلیلی خدا را شکر نگفت.

شب به خیر آقای ارستو

که شما عاشق علمید؟ و عاشق حقیقتید؟ و عاشق حـقید؟ و مـعتقدید آن‌قـدر حقانیت دارید که در هیچ بحثی نیازتان به شمشیر نیست؟ و هم‌واره قادر به کرسی نشاندن سخنان‌تان هستید؟ و در هر بحثی پیروزید چون مکتب‌تان قوی‌تر است؟

در واقع شما به پیروزی هم رسیدید. و پیروزی شما کوتاه مدت هم نبود. قاطعیت پیروزمندانهٔ منطق شما بسیار شکوه‌مند هم بود. دست آوردهـای عـظیمی هـم در سرزمین‌های علمی به دست آورد و همهٔ جهانیان منتظر شدند ببینند حال که بـه پیروزی رسیدید چه‌گونه رفتار خواهید کرد. شما اما فقط بر مکتب قـاطع خـود پـا فشردید. آقای ارستو هیچ می‌دانید بزرگ‌ترین پیروزی منطق شما پیدایش مکانیک نیوتن بود که نخستین نشانه‌های کنار گذاشتن آسمان شما را با خود آورد؟

باری شما با ایزم‌های قاطع منطق خود قاطعیت ایزم‌های بعدی را مشروعیت بخشیدید. در اروپا تاییدیه گرفتید و به‌دست سن‌توماس آکویناس (داکن) با کتاب مقدس ترکیب شدید و به آخرین سخن جهان بدل گشتید. هر متفکری که جز آن اندیشید تکفیر گشت و به آتش افکنده شد. جوردانو فقط یک نمونه است. این قضیه تا قرون هفده و هیجده طول کشید و ارستوی عاشق علم و اندیشه با قاطعیت‌های غیر علمی‌اش دو هزار سالی جلوی علم و اندیشه را سد کرد.

ارائهٔ حل کامل و همه جانبهٔ همهٔ مسایل جهان، جاه‌طلبی بزرگ کمال گرایان بوده است. مولوی به این مقوله نگاه کرده:

علتی بدتر ز پندار کمال
نیست اندر جان تو ای ذودلال

دلال = ناز و کرشمه ذودلال = خودپسند

آقای ارستو شما در سرزمین‌های اسلامی تاییدیه نگرفتید و از روبروشلاق خوردید. تهافت (خطای اسلامی) کارتان به دست متکلمون اشعری و سرِ همه محمد غزالی افشا شد و بر آن مبنا هر چه فیلسوف و متفکر بود به باد فنا سپرده شد. در نتیجه فلسفه و تفکر از این سرزمین رخت بربست. ما نیز بدون فیلسوف در قرون وسطا ماندیم. می‌پرسید سرزمینی که فلسفه ندارد، تفکر ندارد، تعقل ندارد، چه دارد؟ الهیات و عرفان. قاطعیت ایزم شما قاطعیت ایزم روبه‌رویش را برانگیخت و ما اهالی قرون وسطا را در جهانی که حرکت در آن بدون فیلسوف غیر ممکن است بدون فلسفه و فیلسوف رها کرد.

اصولا دفع نقیضین از ابزارهای منطق شما است . اگر چه اعتیاد و اجبار جغرافیائی هنوز اطاعت تعبدی از شما را ایجاب می‌کند اما دنیای پیش‌رفته مدت‌هاست از اطاعت شما سرپیچی کرده دیگر هیچ درِ سالمی بر پاشنهٔ منطق شما نمی‌چرخد. تناقض خواندن تضاد دارای خطای خاصی است و متدولوژی که بر مبنای آن استوار شود دچار اشکال عمده‌ای می‌گردد. اصولا سفید و سیاه دیدن مسائل هنگامی که تمامی مسائل طبیعتی خاکستری از خود نشان می‌دهند قضاوت را به اشتباه می‌اندازد.

اندیشه‌ای که به انسان یا به انسان منطقی یا در حد نهائی به دستگاه فلسفی انسان منطقی اجازهٔ تضاد را نمی‌دهد متعلق به دوران ماقبل شعور و هوش مصنوعی است. انسان هم‌واره آرزو داشته به خلوص (purity) و سادگی (simplicity) دست یابد و در این راه به خطا آرزو کرده ماشین باشد. امروزه اما ماشین‌ها برای بالا بردن بازده (راندمان) خود پیچیده‌تر شده به شکل انسان در می‌آیند و در پرتو پیش‌رفت‌های کنونی شعور مصنوعی به تدریج تضاد و نقیضین را می‌پذیرند و چون ابزاری کارآ در

دل برنامه‌های خود جا می‌دهند. جرقهٔ این اندیشه از هم‌اکنون در برنامه‌های جدید کامپیوتر به چشم می‌خورد که نسبت به برنامه‌های قبلی بسیار به انسان نزدیک‌تر است. البته کامپیوتر هنوز تا رسیدن به مرز تفکر انسانی فاصله‌ها دارد اما کوانتوم کامپیوتر که هنوز مراحل اولیهٔ آزمایشگاهی را طی می‌کند نویدهای درخشان داده است.

پدیده‌های صرفا الکتریکی به مراتب ساده‌تر و یک سویه‌تر از پدیده‌های شیمیائی‌اند اما امروزه مشخص شده انسان موجودی الکتروشیمیایی است و در آزمایش‌گاه‌های مدرن دیده می‌شود که در مجموعه‌های بغرنج ملکولی حضور تضاد امری طبیعی است و به معنای تناقض نیست. انسان مشحون این تضادها یا اگر شما خوش دارید تناقضات است.

امروزه بخش عظیم تعریف تضاد و تناقض به تعریف تصادف و بی‌نظمی برمی‌گردد. تصادف و بی‌نظمی چه به معنای ناآگاهی ما باشد و چه از خواص ذاتی جهان و خود ما محسوب شود (که تمامی دانش‌های نوین پشتی‌بان سخن دومند) در هر حال وجود خارجی دارد و هر کدام از ما شاهدی زنده بر این مدعا هستیم. کدام‌یک از ما می‌توانیم ادعا کنیم که نه در دراز مدت و نه در مکان‌های مختلف بل‌که در کوتاه مدت و در همین جائی که هستیم دچار تضاد و دست خوش تناقض نیستیم؟ تناقض عیب نیست عیب شمردن تناقض خطاست.

آقای ارستو اگر چه بالاخره خطاهای کار آقای غزالی به قلم ابن‌رشد و حلبی افشا شد اما چه فایده که قاطعیت ایزم نشأت گرفته از منطق نَفَس بُرِ شما راه بر اطلاعات این جهانی بست و جلوی امواج احتمالات را گرفت تا آن‌جا که بالاخره به ناگزیر شمشیر به دست گرفتید. افراط «غرب» در جهت تأیید شما و تفریط «شرق» در جهت تکذیب شما کار را به سکون و سکوت و توقف کشاند. این میان غرب بالاخره از خواب بیدار شد، شرق اما هنوز در اعماق فاجعه به سر می‌برد.

دنیا با سر به سوی جنگ مذهبی تمام عیار می‌شتابد. جنگ‌های مذهبی از

هم‌اکنون شروع شده است. آیندهٔ نزدیک می‌تواند شاهد یکی از خون‌بارترین جنگ‌های طول تاریخ باشد. این در حالی است که طرفین درگیر معتقدند چنان بر حقند که در هر بحثی به پیروزی می‌رسند. آنان اما به جای آن‌که از رهبران فکری و مذهبی طرف مقابل برای مذاکره دعوت کنند شمشیر بر می‌دارند. ظاهرا تمامی تلاش‌های اندیشگی بشر در جهت اثبات حقانیت شمشیر بوده است. آنان که وعدهٔ بهشت زمینی می‌دهند جز دوزخ تولید نمی‌کنند.

آری آقای ارستو! کار ما اهالی قرون وسطا در اثر روز خواهی افراطی شما بالاخره به شب کشیده شد. و شب به خیر.

منطق ریاضی

گوتلوب فرگه

Gottlob Frege

۱۸۴۸-۱۹۲۵

در دانشکدهٔ مهندسی، درس «ریاضیات جدید» شروع شد. بسیار آرام، معقول و مقبول بود. نظریهٔ مجموعه‌ها و زبان جدیدی که برای انجام عملیات روی آن‌ها به کار گرفته می‌شد. جبر بول را قبلا درس داده بودند (ژرژ بول، ۱۸۶۴-۱۸۱۵، انگلستان، فلسفه - ریاضیات - منطق). از وسط‌های کتاب درسی دیدم می‌توانم با زبان این ریاضیات کمی حرف بزنم. نوشتنش البته راحت‌تر بود. بله، مستقیما سخن گفتن با زبان ریاضیات! و البته محدودیت‌های فراوان داشتم. آن زمان به ما تاریخ درس نمی‌دادند و فقط سال‌ها بعد بود که دانستم آن چه درسش را خوانده بودم مقدمهٔ «منطق ریاضی» بود. به نرمی و سهولت و ندانسته و نخواسته وارد فضای منطق زبان شده بودم. بعدها در کارهای ویتگنشتاین دیدم دین خود به فرگه را اذعان کرده است(لودویگ ویتگنشتاین، ۱۹۵۱-۱۸۸۹، اتریش - انگلستان، منطق ریاضی - فلسفهٔ زبان). امروز در اغلب دانشگاه‌های دنیا منطق ریاضی تدریس می‌شود.

فرگه ریاضی‌دان آلمانی است که از ریاضیات وارد منطق و از آنجا وارد فلسفه شد. زندگی شخصی و حرفه‌ای دشواری داشت. پدر فرگه (۱۸۶۶-۱۸۰۹) دبیرستان تأسیس کرد و خودش مدیر آن بود و تا پایان عمر به این کار اشتغال داشت. در هنگام

فوت، فرگهٔ جوان ۱۸ سال داشت. مادر فرگه(۱۸۹۸–۱۸۱۵) معلم همان مدرسه بود و پس از فوت شوهرش مدیر مدرسه شد. فرگه در سال ۱۸۶۹ در ۲۱ سالگی برای خواندن ریاضی وارد دانشگاه ینا شد. در ۱۸۷۱ در ۲۳ سالگی به دانشگاه گوتینگن، قبلهٔ ریاضیات جهان منتقل شد و در سال ۱۸۷۳ در ۲۵ سالگی از گوتینگن دکترای ریاضی گرفت. در این سال به دانشگاه ینا برگشت و به تدریس مشغول شد و تا پایان آن‌جا ماند. اگر چه فرگه مدارج ترقی را از استادیاری تا دانش‌یاری و استادی به سرعت پیمود اما پنج سال اول به او حقوق نمی‌دادند و تدریس او افتخاری بود در نتیجه و به ناگزیر برای امرار معاش از مادرش کمک مالی می‌گرفت. در سال ۱۸۸۷ با آنالیسبرگ (۱۹۰۴–۱۸۵۶) ازدواج کرد. فرگه در این موقع ۳۹ سال داشت. آن‌ها از این ازدواج صاحب دو فرزند شدند که هر دو در کودکی از دنیا رفتند. سال‌ها بعد فرگه و همسرش یک پسر به نام آلفرد را به فرزند خواندگی پذیرفتند. همسرش در سال ۱۹۰۴ در ۴۸ سالگی هنگامی که فرگه ۵۶ سال داشت از دنیا رفت. در سال ۱۹۱۸ در هفتاد سالگی بازنشسته شد و در ۱۹۲۵ در سن ۷۶ سالگی از دنیا رفت.

تحقیقات فرگه زیر سه سرفصل «فلسفه» – «منطق ریاضی» – «فلسفهٔ زبان» جمع‌بندی می‌شود. فرگه ابداع کنندهٔ منطق ریاضی است و به خاطر نوشته‌هایش در زمینه‌های «فلسفهٔ ریاضی» و «فلسفهٔ زبان» امروزه او را به عنوان پدر «فلسفهٔ تحلیلی» می‌شناسیم. فرگه در بسیاری از زمینه‌های ریاضیات – فلسفه – منطق مانند «نظریهٔ حقیقت» و «نظریهٔ معنا» کار کرد اما ما فقط به منطق ریاضی نگاهی گذرا می‌اندازیم.

دانشجویان فرگه گفته‌اند که شخصیتی به شدت درون‌گرا داشت. به ندرت با کسی گفت‌وگو می‌کرد. او یک طرفه سخن می‌گفت و درس می‌داد. همیشه رو به تختهٔ سیاه داشت اما در همان حال طنز سیاه به کار می‌گرفت و گاه متلک‌های تلخ و گزنده می‌گفت. او با همکارانش حداقل ارتباط را داشت فقط با رودلف یوکن Rudolf Eucken فیلسوف که همکارش بود مدت چهل سال معاشرت حرفه‌ای فلسفی

داشت (رودلف یوکن، ۱۹۲۶–۱۸۴۶، آلمان، فلسفه). یوکن مانند راسل و سارتر (ژان پل سارتر، ۱۹۸۰–۱۹۰۵، فرانسه، فلسفه) جزو معدود فلاسفه‌ای است که جایزهٔ نوبل ادبیات برده است (۱۹۰۸).

موقعی که فرگه کار خود را شروع کرد اوضاع ریاضیات مغشوش به نظر می‌رسید. سه مسألهٔ حل نشده از یونان باستان به ارث رسیده بود. تربیع دایره که به معنای ترسیم یک مربع و یک دایره با مساحت‌های مساوی است. تضعیف مکعب که به معنای ساختن دو مکعب است به‌گونه‌ای که حجم یکی برابر با نصف حجم دیگری باشد. تثلیث زاویه که به معنای تقسیم یک زاویه به سه قسمت مساوی با کمک خط‌کش و پرگار است.

از یونان باستان پارادوکس (غلطنما) هم به روزگار فرگه رسیده بود. در این زمان از فرما ریاضی دان قرن ۱۷ فرانسه نیز مسألهٔ حل نشده در میدان اعداد صحیح و مثبت باقی مانده بود. به طور کلی ماجرا از این قرار بود که مبانی ریاضیات کلاسیک محکم نبود و به عنوان مثال هیچ کس نمی‌دانست **عدد چیست؟** اما آن‌چه از همه مهم‌تر می‌نمود و فرگه را به خود مشغول کرد **منطق ارسطو** بود که در برخی زمینه‌ها کوتاه دست می‌ماند. فرگه جلو آمد و یک تنه به مسألهٔ اصلی یا آن چه امروز به آن **منطق ریاضی** یا منطق مدرن می‌گوئیم پرداخت. امروزه وقتی از منطق نام می‌بریم منظور منطق ریاضی است.

فرگه سوآل‌های اساسی مطرح کرد و کوشید به آن‌ها پاسخ بگوید: «اندیشه چیست؟» – «معنا چیست؟» – «حقیقت چیست؟». فرگه در فلسفهٔ زبان با حرکتی انقلابی شروع کرد که ویتگنشتاین کلمه به کلمه در کار خود آورده است: «واحد معنا دار کلمه نیست، جمله است و باید کلمه را در بطن و متن جمله معنا کرد.»

با آن که فرگه دست‌آوردهای بزرگ داشت، تا آخر عمر ناشناخته باقی ماند و مورد بی‌مهری معاصرانش واقع شد. بخشی از آن به خاطر نوشتار غیر متعارف و شیوهٔ نگارش دشوارخوان فرگه بود که متن او را دور از دسترس می‌کرد، بخش دیگر هم به

خاطر سلطنت مطلق و جا افتادهٔ دوهزار سالهٔ منطق ارستو بود که هر تلاشی را برای کنار گذاشتن آن بیهوده جلوه می‌داد. در هر حال این معلم ریاضی دانشگاه ینا «که» باشد که بخواهد به مصاف ارستوی کبیر برود؟! و البته درک کار عظیم فرگه در آن زمان چندان آسان نبود زیرا روند کارها مثل امروز نبود که کار به مدارس کشیده است. شهرت فرگه بعدها به واسطهٔ توجه برتراند راسل و سپس ویتگنشتاین پیش آمد.

اگر چه امروزه درک کارهای فرگه آسان است اما برای بیان دقیق آن زبان و علائم ریاضی لازم است. کتاب‌های فرگه با ریاضیات شروع می‌شود و مملو از علائم ریاضی است. حتا منطق و زبان فرگه به زبان ریاضی بیان شده و در آن‌ها کاربرد جملات منطق متعارفی کلاسیک کم‌تر دیده می‌شود اما ما برای توضیح منطق ریاضی از کاربرد زبان ریاضی پرهیز می‌کنیم و با زبان معمولی – هر چند غیر دقیق – صحبت خواهیم کرد.

فرگه عملا نشان داد رابطهٔ دو طرفهٔ عمیقی بین منطق و ریاضیات وجود دارد، ریاضیات از دل منطق بیرون آمده همان‌گونه که منطق از ریاضیات منشعب می‌شود. به بیان فنی: «بین منطق و ریاضیات همپوشانی وجود دارد». بعد از فرگه جدا کردن منطق و ریاضی بی‌معناست و از آن بی‌معناتر استناد به منطق تعطیل شدهٔ کلاسیک است، گو این که هنوز بسیار افراد به آن اصرار می‌ورزند.

تمام ریاضیات دارای ساختمانی کم و بیش به شکل زیر است:

(a) – در آغاز با یک یا چند بازیگر که آن‌ها را «بدیهی» می‌انگاریم مقدمه را می‌سازیم.

(b) – حداقل یک «دستورالعمل» یا شیوهٔ رفتار که آن را نیز «صحیح و بدیهی» می‌انگاریم تعریف می‌کنیم.

سپس از (a) شروع می‌کنیم و با استفاده از (b) به نتیجهٔ (c) می‌رسیم و در می‌یابیم از مقدمهٔ ما چه نتیجه‌ای حاصل می‌شود. یعنی تمام ساختمان ریاضی این گونه است که: «از این مقدمه، با این روش، چه نتیجه‌ای پدید می‌آید؟»

نکتهٔ اصلی بحث این جا است که (b) ممکن است به بسیاری از جاها منتهی شود اما تنها کاری که نمی‌تواند بکند این است که صحت (a) را اثبات کند. اگر بخواهد (a) را اثبات کند به نوعی دور باطل منتج می‌شود زیرا قبلا (a) را بدیهی انگاشته و بر مبنای آن شروع کرده است. «مار نمی‌تواند دم خود را بخورد».

از طرف دیگر (b) نمی‌تواند صحت خود (b) را نیز به اثبات برساند. صحت (b) جزو پیش فرض‌های ساختمان بوده است.

از آن جا که (a) و (b) هر دو اثبات نشده – و بدیهی انگاشته شده – هستند پس برهان ریاضی از مقدمهٔ اثبات نشده شروع شده با روش اثبات نشده حرکت می‌کند و به نتیجه می‌رسد. آیا می‌توان در مورد صحت نتیجه حکم داد؟ کاری که ریاضیات می‌کند این است که از (a) اثبات نشده با (b) اثبات نشده به (c) می‌رسد. با هیچ وسیله‌ای نمی‌توان در مورد صحت (c) حکم کرد.

از آن‌جا که همهٔ ریاضیات به همین ترتیب عمل می‌کند فرگه بر این باور شد که ریاضیات هیچ تکیه‌گاه محکمی ندارد. او قدم اصلی ریاضیات خود را با علم «حساب» برداشت و کوشید نشان دهد تمام (a)های بدیهی و (b)های ثابت نشده که باعث به‌وجود آمدن ساختمان ریاضیات است قابل نتیجه‌گیری از «منطق» است. به این شیوه بود که فرگه ریاضیات را از منطق نتیجه گرفت و باعث استحکام و اعتبار ریاضی شد.

با عملکرد به شیوهٔ فوق می‌توان احکام منطق را نیز از ریاضیات نتیجه گرفت. دیده می‌شود ریاضیات و منطق دارای همپوشانی گسترده هستند و منطق کلاسیک دارای اعتبار کلی نیست و فقط جزء کوچک و حالت خاصی از منطق ریاضی یا منطق مدرن است. فرگه منطق را کمّی کرد به طوری که پس از آن قادر شد با عناصر منطق مانند عوامل ریاضی رفتار کند و روی آن‌ها عملیات جبری انجام دهد.

کار مهم دیگر فرگه آزاد کردن فلسفه از قید نفس (روان آدمی =روانشناسی) بود. سوآل اصلی «علم» این است که «الزاما چه چیزی از چه چیزی نتیجه می‌شود یا

نتیجه نمی‌شود؟» منطق ریاضی فرگه نشان داد که در هر دو حالت این قضیه هیچ ارتباطی به روان آدمی ندارد. منطق ارسطو که به «قانون اساسی اندیشه» تبدیل شده بود به یک باره پایهٔ خود را از دست داد.

دانش‌های بشری را زیر سرفصل چهار رابطه می‌توان دید:

۱ – رابطه جهان با جهان

۲ – رابطه جهان با انسان

۳ – رابطه انسان با جهان

۴ – رابطه انسان با انسان

سهم بزرگ و اصلی را رابطهٔ شمارهٔ ۱ دارد که ما از آن هیچ نمی‌دانیم زیرا به محض وقوف تبدیل به رابطهٔ ۲ می‌شود. رابطهٔ جهان با جهان رابطه‌ای دائمی است که تأثیرات مهم روی زندگی ما دارد اما ما از آن بی‌خبریم. آن ذرّهٔ اتمی که هنوز کشف نشده یا آن انفجار کهکشانی که هنوز از آن اطلاعی نداریم رابطهٔ (۱) را می‌سازند. این رابطه هنگامی که به شناخت انسان در می‌آید تبدیل به علم می‌شود و در عمل از میدان رابطهٔ جهان با جهان خارج شده و وارد طبقه بندی رابطهٔ جهان با انسان (۲) می‌شود. تا زمانی که رابطهٔ (۱) به شناخت در نیامده جزو تقدیر است. این تقدیر روی سرنوشت بشر تأثیر هم دارد. بعضی آن را ماوراءالطبیعه یا متافیزیک هم خوانده‌اند. دامنه‌اش هم به گستردگی دامنهٔ جهان است. در مورد رابطهٔ اول یا متافیزیک هیچ نمی‌توانیم بگوئیم زیرا به محض آن که هر چه بگوئیم از متافیزیک خارج شده و وارد جهان فیزیک می‌شود. به این ترتیب دیده می‌شود که همیشه متافیزیک وجود خواهد داشت. با پیشرفت فیزیک، کرهٔ فیزیک بزرگ‌تر می‌شود اما در همین حال متافیزیک نیز بزرگ‌تر خواهد شد. متافیزیک دائما با پیشرفت دانش، بخشی از قلمرو خود را به فیزیک تسلیم می‌کند اما نه تنها هرگز از بین نخواهد رفت، بلکه بزرگتر هم خواهد شد. دانش ما محدود و نادانی ما نا محدود است. برخورد انسان‌ها با متافیزیک دوگانه است.

۱ – عده‌ای به پرستش متافیزیک می‌پردازند.

۲ – عده‌ای صبوری به خرج داده و در مرزهای فیزیک معتقد به ظهور شخص و شیوه‌ای خواهند شد که یک گام دیگر بردارد و پاسخ سوآل بعدی را بدهد.

ما نمی‌توانیم بگوئیم متافیزیک چیست زیرا به محض آن که چیزی بگوئیم و به متافیزیک، اسم، صفت یا فعلی را نسبت دهیم، متافیزیک را وارد رابطه (۲) یعنی جهان با انسان می‌کنیم یعنی عملا متافیزیک را به فیزیک تبدیل کرده‌ایم. ما فقط می‌توانیم از مرزهای جهان فیزیک سخن بگوئیم که عملا مرز بین جهان فیزیک و ناجهان متافیزیک است. در هر سیستم فکری، خواه علمی خواه الهیاتی، نیاز به فرض وجود یک نفر است تا بیاید و مسایل باقی مانده را حل کند.

رابطهٔ دوم یا جهان با انسان، مانند «باران» بر سر انسان می‌بارد و شناسائی آن عموما در آن‌چه به علوم پایه شهرت یافته صورت می‌پذیرد. رابطهٔ جهان با انسان مثل همهٔ اتفاق‌های اطراف یا محیطی است. سیل که آدم را می‌برد یا آتش‌فشان که خانهٔ انسان را خراب می‌کند جزو این رابطه به شمار می‌آید. این رابطه همیشگی است یعنی جهان همیشه با انسان رابطه دارد.

رابطهٔ سوم شامل همهٔ کارهائی است که ما با دنیا می‌کنیم. مدیریت رابطهٔ سوم یا انسان با جهان، مانند «چتر» که در مقابل باران باز می‌شود، نهایتا وظیفهٔ تکنولوژی است و انسان با آوردن فنون جدید آن را اداره می‌کند. جلو سیلاب سد می‌بندیم یا زمین‌های جهان را تغییر می‌دهیم و برای خودمان خانه یا جاده می‌سازیم یا دریاها را عقب می‌رانیم و برای خودمان زمین به دست می‌آوریم. چتر و سد و آنتی بیوتیک، نمودهایی از رابطهٔ انسان با جهان است.

رابطهٔ چهارم یعنی رابطهٔ انسان با انسان است. مجموعهٔ دانش‌های تشکیل دهندهٔ این رابطه و شناسائی اجزاء این سرفصل کلی، در توده‌ای از دانش‌های ریزتر انجام می‌شود که به آن‌ها علوم انسانی می‌گوئیم. در زمان فرگه مهم‌ترین بخش آن را زیر سرفصل روانشناسی می‌دیدند.

منطق ارسطو که در اصل برای میدان چهارم تعریف شده بود تا در بحث‌های مختلف به مچ‌گیری بپردازد و در جدل به پیروزی برسد، جای خود را به منطق ریاضی که در میدان سوم است داد.

فرگه همیشه به شاگردان خود می‌گفت: «هرگز منطق ریاضی را با روانشناسی مخلوط نکنید». فرگه بارها از امکان‌ناپذیر بودن «آلیاژ» منطق و روانشناسی سخن گفته است.

امروزه هرگاه سخن از منطق ریاضی پیش می‌آید منظور منطق عام یا فراگیر است و بالعکس، هر وقت می‌گوئیم منطق منظور منطق ریاضی است. منطقِ قبل از فرگه امروزه کنار گذاشته شده. فرگه در منطق انقلاب بزرگی انجام داد، اشکالات و کاستی‌های منطق کلاسیک را به روشنی نشان داد و به سلطنت دو هزار سالهٔ ارسطو پایان بخشید.

از فرگه نقل است: «هر ریاضی‌دان قابل، لااقل یک نیمه فیلسوف است، همان گونه که هر فیلسوف مسلط، لااقل یک نیمه ریاضی‌دان است.»

کار اصلی فرگه در زمینهٔ منطق ریاضی کتاب BEGRIFFSSCHRIFT است که در سال ۱۸۷۹ هنگامی که فرگه ۳۱ سال داشت منتشر شد. این واژه که از کارهای لایبنیتز، فیلسوف و ریاضی دان آلمانی ۱۷۱۶-۱۶۴۶ گرفته شده به معنای «متن مفهومی» است. این کتاب از بالا تا پائین به زبان بسیار دشوار ریاضیات فرگه است. فرگه ریاضیات خود را روی دو خط می‌نوشت، چیزی شبیه به نت‌های موسیقی که برای ساز پیانو می‌نویسند. جزئیات ریاضی و علائم منطق فرگه امروزه کنار گذاشته شده است. وجوه مدرن و امروزی آن به وسیلهٔ فرزندان فکری او پدید آمده که با آن‌ها بهتر می‌توان کار کرد. پایهٔ اصلی منطق ریاضی فرگه بر روی عناصری است که می‌توانند در یک مجموعه گرد آیند.

فرض فرگه بر آن است که **تمام اعضاء یک مجموعه، عضو آن مجموعه‌اند.** این فرض در نگاه نخستین بدیهی به نظر می‌رسید و تا قبل از پارادوکس راسل پا بر جا

بود. اعداد صحیح و مثبت ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و... در مجموعهٔ اعداد صحیح گرد می‌آیند و دانش‌آموزان کلاس سوم دبیرستان «ف» در مجموعهٔ دانش‌آموزان کلاس سوم گرد می‌آیند.

فرگه معتقد بود «**تمام مردم روستا جزو مجموعهٔ روستا هستند**». فرگه کتاب خود را بر همین مبنا نوشت. بعدها راسل در پارادوکس مشهور خود نکتهٔ دیگری را نشان داد. در سال ۱۹۰۲ یعنی ۲۳ سال بعد از انتشار BEGRIFFSSCHRIFT فرگه نامه‌ای از برتراند راسل دریافت کرد که در آن پارادوکس راسل مطرح شده بود. این پارادوکس نیز به زبان ریاضی است اما به زبان غیر ریاضی خودمانی به این صورت است:

در روستا فقط یک سلمانی برای تراشیدن ریش مردم زندگی می‌کند. این سلمانی فقط و فقط ریش مردانی را می‌تراشد که خودشان ریش خودشان را نمی‌تراشند. اکنون سوآل پارادوکس این است که «ریش خود این سلمانی ریش‌تراش را چه کسی می‌تراشد؟»

۱ – اگر خودش ریش خودش را بتراشد نباید به وسیلهٔ سلمانی ریش تراش (یعنی خودش) ریشش تراشیده شود.

۲ – اگر او ریش خودش را نتراشد مجبور است نزد سلمانی ریش تراش (یعنی خودش) برود تا ریشش را بتراشد.

به این ترتیب راسل مجموعه‌ای را نشان داد که **یکی از اعضاء آن جزو آن نیست.** این پارادوکس، فرگه را متوجه اشتباه خود کرد.

با آن که فرگه کارهایش را در زمان خود منتشر کرد اما ناشناس ماند و تا سال‌ها بعد جز راسل و ویتگنشتاین کسی به آن‌ها رجوع نکرد. وایتهد و راسل در مقدمهٔ پرینسیپا ماتماتیکا (۱۹۱۳–۱۹۱۰) یعنی بزرگ‌ترین کتابی که در مبانی ریاضیات نوشته شده گفته‌اند: «در همهٔ مسایل مربوط به منطق تحلیلی بیش از همه مدیون فرگه هستیم». فرگه بسیاری از درهای فلسفه نوین را به روی محققان گشود و بعدها

دیگران راه را با موفقیت پیمودند. اگر چه کارهای فرگه در زمان خود ناشناس ماند و امـروزه در زمـینهٔ مـنطق ریـاضی اهـمیت خـود را از دست داده امـا تأثـیرات شگفت‌انگیزی در پیشبرد زمینه‌های مختلف در قـرن بـیستم داشت و تـحقیقات فرزندان اندیشگی‌اش مانند راسل، ویـتگنشتاین و رودلف کـارناپ (۱۹۷۰-۱۸۹۱ آلمان - آمریکا، فیلسوف، مورخ علم) که راه او را در زمینه‌های مختلف ادامه دادند از درجهٔ بالای اهمیت برخوردار است. در سال ۱۹۱۳ رودلف کارناپ دانشجوی فرگه شد و در سال‌های ۱۹۱۱ و ۱۹۱۲ و ۱۹۱۳ ویتگنشتاین به مـلاقات فـرگه رفت و آموزش‌های پایه‌ای از او گرفت. ویتگنشتاین می‌گوید: «در بسیاری از اندیشه‌های خود مدیون فرگه هستم».

آلفرد نورت وایتهد

Alfred North Whitehead

۱۸۶۱-۱۹۴۷

ریاضی‌دان، منطق دان و فیلسوف مهم نیمهٔ دوم قرن نوزدهم و نیمهٔ اول قرن بیستم بود. در ایالت کنت انگلستان به دنیا آمد. در مدرسه کاپیتان تیم راگبی بود. در نوزده سالگی با بورس تحصیلی وارد کالج ترینیتی دانشگاه کمبریج شد و به تحصیل ریاضیات در مکتب ریاضی پیشرفتهٔ انگلستان پرداخت. وایتهد بلافاصله پس از فارغ التحصیلی به تدریس مشغول شد. از سال ۱۸۸۴ تا سال ۱۹۱۰ در کالج ترینیتی دانشگاه کمبریج تدریس کرد. یکی از پایه‌های شهرت وایتهد تدریس‌های او در زمینهٔ ریاضیات و فلسفه و منطق بود.

در سال ۱۹۰۳ به عنوان عضو انجمن سلطنتی انگلستان پذیرفته شد. در سال ۱۹۱۰ از استادی دانشگاه کمبریج دست کشید، استعفا کرد و به لندن رفت. پس از یک سال بیکاری در یونیورسیتی کالج دانشگاه لندن به سمت استادی انتخاب شد اما آنجا برای او امکان تحقیق و ترقی وجود نداشت. در سال ۱۹۱۴ در امپریال کالج دانشگاه لندن با سمت استاد ریاضیات کاربردی انتخاب و مشغول تدریس و تحقیق شد.

در سال ۱۹۲۱ در شصت سالگی به اجبار بازنشسته شد و از خدمات آموزش عالی انگلستان کنار رفت. البته به خاطر دستاوردهای عظیمش به او اجازه دادند تا

۶۵ سالگی به فعالیت‌های دانشگاهی ادامه دهد.

در سال ۱۹۲۴ وایتهد پست پروفسور فلسفه را در دانشگاه هاروارد پذیرفت و به آمریکا رفت. وایتهد تا سال ۱۹۳۷ که بازنشسته شد در دانشگاه هاروارد به تدریس و تحقیق ادامه داد.

کار وایتهد به سه دوره تقسیم می‌شود:

دورهٔ اول اقامت در کمبریج از ۱۸۸۴ تا ۱۹۱۰ که روی ریاضیات و منطق ریاضی کار می‌کرد و حاصل آن کتاب پرینسیپا ماتماتیکا است.

دورهٔ دوم اقامت در لندن از ۱۹۱۰ تا ۱۹۲۴ است که تمرکز اصلی‌اش روی فلسفهٔ علم و فلسفهٔ آموزش بود.

دورهٔ سوم از ۱۹۲۴ به بعد در دانشگاه هاروارد است که وایتهد روی متافیزیک متمرکز شده بود.

وایتهد در سال ۱۹۴۷ از دنیا رفت و بنا بر وصیت خودش، همسرش تمام کارهای منتشر نشده‌اش را سوزاند که باعث تأسف عمیق آکادمیسین‌های پیرو مکتب وایتهد گردید. البته وایتهد معتقد بود که افکار و عقاید و تحقیقات او باید فقط بر مبنای آثار منتشر شده‌اش مورد بررسی و داوری قرار گیرد.

وایتهد در بسیاری از دانش‌های بشری تحقیق کرده و آثار فراوانی از خود به جا گذاشته است. کارهای او در زمینه‌های فیزیک – ریاضی – منطق – فلسفهٔ علم و فلسفهٔ زبان است. او کتاب درخشان «اصول ریاضیات» را با شاگرد سابقش برتراند راسل منتشر کرد.

گسترهٔ آثار وایتهد وسیع است و امکان خلاصه کردن آن در حجم کم وجود ندارد. یکی از تأثیرگذارترین فلاسفهٔ قرن بیستم است و در کتاب «اصول ریاضیات» به دستاوردهای مشابه فرگه رسید و آن را جلوتر برد.

روی جلد چاپ اول مهم‌ترین کتاب وایتهد می‌خوانیم:

PRINCIPIA

MATHEMATICA

اصول ریاضیات

آلفرد نورت وایتهد

و

برتراند راسل

اسم کتاب اصلی و مهم نیوتن هست:

Philosophiae Naturalis PRINCIPIA MATHEMATICA

«اصول ریاضی فلسفهٔ طبیعی»

و همین نشان می‌دهد که وایتهد و راسل خواسته‌اند بگویند کارشان به اهمیت کار نیوتن است. کار وایتهد و راسل مهم هست اما به اهمیت کار نیوتن نیست.

چاپ اول این کتاب در سال ۱۹۱۰ بود و یکی از مهم‌ترین کتاب‌های قرن بیستم است.

کتاب وایتهد و راسل تا سال ۱۹۱۳ مورد بازبینی و ویرایش آنان قرار گرفت و نسخهٔ نهائی آن در ۱۹۱۳ به چاپ رسید.

هدف کتاب این است که مجموعه‌ای از «اصول متعارفی» و «قوانین استدلالی» را به وسیلهٔ نمادهای منطق تشریح کند که بعد به وسیلهٔ آن بتوان تمام نتایج ریاضی را به اثبات رساند.

اگر به کار فرگه برگردیم، وایتهد و راسل به دنبال این بودند که تمام (a)ها و تمام (b)ها را تشریح کرده و توضیح دهند، به طوری که بتوان به تمام (c)ها رسید. منظور از تمام (c)ها یعنی تمام نتایجی که تاکنون ریاضیات به آن‌ها رسیده و تمام آن‌ها که بعدا و در آینده در ریاضیات کشف خواهد شد.

این کتاب سه جلدی ۲۰۰۰ صفحه‌ای، عظیم‌ترین کار ممکن در ریاضیات، منطق ریاضی و ریاضیات کاربردی بود. وایتهد و راسل نه تنها با سطوح بالائی و

میانی ریاضیات کاری نداشتند بلکه با چنان جزئیاتی در سطوح پائینی و پـایه‌ای ریاضیات و منطق ریاضی کار کردند که تا صفحهٔ ۸۶ جلد دوم طول کشید تا بتوانند ثابت کنند ۲=۱+۱

وایتهد و راسل کار خود را در سال ۱۹۰۳ شروع کردند و در آغاز فکر می‌کردند که نوشتن و تکمیل این کتاب یک سال به طول خواهد انجامید اما مجموع کار آنان ده سال طول کشید.

این کتاب کم مخاطب سه جلدی ۲۰۰۰ صفحه‌ای بسیار سنگین و پر هزینه بود و به دشواری به چاپ رسید. هم وایتهد و هم راسل بخش‌هائی از هزینهٔ کتاب را که مخاطب اندک و خاص داشت تقبل کردند اما امروز هیچ کتابخانهٔ معتبر جهان نیست که لااقل یک نسخه از «اصول ریاضی» وایتهد و راسل نداشته باشد.

پس از آن که در سر آغاز قرن بیستم دستگاه نیوتن با نسبیت اینشتین جایگزین شد، ظهور فیلسوفی که بتواند با نگرشی ژرف به این تحول عظیم جهان علم، ساختار جدید فلسفی عرضه کند ضروری بود و این مهم به وسیلهٔ وایتهد انجام شد.

وایتهد موفق به ارائهٔ ساختار نظام فلسفی جامع و کامل شد و از این نظر نام خود را در ردیف فلاسفه‌ای که دارای ساختمان کامل فلسفی هستند مانندافلاتون، ارستو، کانت و هگل قرار داد. وایتهد تاکنون آخرین فیلسوف صاحب ساختمان فکری کامل فلسفی است.

وایتهد اثر مهم و کلی فـلسفی خـود را در ۱۹۲۹ تـحت عـنوان Process and Reality منتشر کرد که به آن «جـریان و واقـعیت» مـی‌توان گـفت. آن را Process Philosophy هم می‌گویند که به فلسفهٔ پویشی ترجمه می‌شود و کتابی فلسفی است که ساختار فلسفهٔ وایتهد را در بر می‌گیرد. این کتاب در ۱۹۲۹ به چاپ رسید و در موردش تاکنون کتاب‌های متعدد نوشته‌اند و مقالات فراوان چاپ کرده‌اند.

وایتهد معتقد است برای درک هر «چیز» نباید به خود آن «چیز» به شکل مجزا و به صورت مجرد نگاه کرد بلکه باید آن را در حال «جریان» یا «پویش» دید. این به

نحوی شبیه نگاه فرگه است که کلمه را در جمله معنا می‌کرد. وایتهد نیز همه چیز را در زمینه‌های پویش آن‌ها یعنی در طول زندگی آن‌ها نگاه می‌کند. چیزها باید در رخدادها، وقایع و فرایندهای تحول و تطور آن‌ها دیده شود.

تاریخ فلسفه از او گفته‌های مهمی را به یادگار دارد. وایتهد افراط انسان در راه حقیقت پنداری را سرآغاز شیطان می‌داند:

> چیزی به نام «حقیقت کامل» وجود ندارد. تمامی حقایق «نیمه حقیقت» هستند. کوشش برای رفتار با آن به عنوان «حقیقت کامل» سرآغاز شیطان است.
>
> آلفرد نورت وایتهد
> مکالمات ۱۹۵۴

وایتهد فیلسوفی افلاتونی است و معتقد است «**فلسفه بعد از افلاتون جز حاشیه نویسی به افلاتون نیست**».

از وایتهد نقل است: «به دنبال سادگی باش اما به آن اعتماد نکن» و «ما به مسایل کلی فکر می‌کنیم اما خودمان در جزئیات زندگی می‌کنیم».

وایتهد دروازه‌های جدیدی را به روی پژوهندگان باز کرد که در دوران معاصر قدم در راه گذاشته‌اند. درخت فلسفهٔ وایتهد به تازگی شروع به میوه دادن کرده است.

برتراند راسل

Bertrand Russell

۱۸۷۲-۱۹۷۰

ریاضی‌دان، منطق دان، فیلسوف، مورخ، نویسنده، منتقد اجتماعی، فعال سیاسی و از چهره‌های مهم و تأثیر گذار قرن بیستم است. بر خیل عظیمی از روشنفکران معاصر از قبیل نوآم چامسکی و آیزاک آسیموف تأثیر عمیق گذاشت.

در طول تاریخ فلسفه هیچ کس مثل برتراند راسل از مواهب زندگی برخوردار نبوده است. پدر بزرگش سیاستمدار مشهوری بود که دوبار به نخست وزیری انگلستان رسید. برتراند راسل در سه سالگی والدینش را از دست داد و پدر بزرگش که به او عشق می‌ورزید سرپرستی او را به عهده گرفت.

در آن زمان انگلستان «بریتانیای کبیر» بود و می‌گفتند «آفتاب در امپراتوری بریتانیای کبیر هرگز غروب نمی‌کند» زیرا انگلستان دور تا دور کرهٔ زمین مستعمرات فراوان داشت. همه جا پرچم انگلستان در اهتزاز بود و جزو خاک آن به حساب می‌آمد. برتراند راسل در محیط اشرافی چنین امپراتوری بزرگی رشد کرد.

در شروع زندگی عاشق ریاضیات شد و تا چهل سالگی با این عشق باقی ماند. در همین دوره است که مهم‌ترین کار خود در زمینهٔ منطق ریاضی را با همکاری وایتهد نوشت و کتاب عظیم «اصول ریاضی» را پدید آورد.

از چهل سالگی به بعد به فعالیت‌های فراوان پرداخت و یکی از شورانگیزترین

زندگی‌های طول تاریخ را رقم زد. در سال ۱۹۵۰ جایزهٔ نوبل ادبیات را نصیب خود کرد. لقب لرد را از پدر بزرگ به ارث برد و با سطوح بالای جامعه در ارتباط بود. بیش از ۶۰ کتاب نوشت.

برتراند راسل دو جنگ جهانی را از سر گذراند. چهار بار ازدواج کرد. با زنان بسیاری ارتباط داشت. «با همهٔ زن‌ها می‌توان خوابید، با کم‌تر زنی می‌توان بیدار ماند».

در جوانی با کار تخصصی شروع کرد. برخی بر این باورند که چون زبان آلمانی می‌دانست در همان اوایل با دست‌آورد فرگه آشنا شده بود اما بعضی بر این اعتقادند که او مستقل از فرگه و بدون اطلاع از کار عظیم او در زمینهٔ همپوشانی ریاضیات و منطق به این نتیجه رسیده بود که «ریاضیات از منطق سرچشمه گرفته است».

از برتراند راسل کتاب‌های مهمی به یادگار مانده که برخی از آن‌ها به فارسی ترجمه شده است. کتاب بسیار مهمش «اصول ریاضی» را قبلا دیدیم. متافیزیک او برخلاف وایتهد که به خداشناسی رسیده بود به بی‌خدائی رسید. کتاب چرا خداشناس نیستم با نام «چرا مسیحی نیستم» قبلا به فارسی ترجمه شده است.

راسل را معمولا جزو پدید آورندگان «فلسفهٔ تحلیلی» به شمار می‌آورند. فلسفهٔ تحلیلی در قرن بیستم در کشورهای انگلیسی زبان به خوبی جا افتاده بود. در این فلسفه «زبان» با دقت بسیار بالا انتخاب می‌شود، ریاضیات و منطق از یکدیگر نتیجه می‌شوند و فلسفه و منطق به یکدیگر وابستگی تام دارند.

برتراند راسل در سال ۱۹۰۱ «پارادوکس راسل» را کشف کرد. در نامه‌ای که در سال ۱۹۰۲ به فرگه نوشت این پارادوکس را فرستاد. این پارادوکس جهان منطق را لرزاند به طوری که پس‌لرزه‌هایش امروز هم احساس می‌شود. این نامه تا سال‌ها بعد منتشر نشده باقی ماند. راسل این نامه را به آلمانی نوشت و بعدها ترجمهٔ آن منتشر شد. راسل در این نامه که به تاریخ ۱۶ ژوئن سال ۱۹۰۲ به فرگه نوشته ضمن حفظ همهٔ احترامات گفته: **من با تمام نظریات شما به ویژه هنگامی که امتزاج منطق و**

روانشناسی را مردود می‌شمارید موافقم. راسل در بخش دیگری از نامه ادامه می‌دهد: **من فقط در مورد یک نکته با مشکل مواجه شده‌ام.** برتراند راسل در نهایت احترام و با زبان ریاضی ایراد اصلی کار فرگه را مطرح می‌کند. این ایراد را با زبان غیر ریاضی شبیه سازی ریش تراش روستا قبلا نشان دادیم.

این نامه در عمل تمام پایه‌های کار فرگه را زیر سوآل می‌برد و فرگه را متوجه خطای محاسبات خود می‌کند. فرگه بلافاصله در پاسخ برتراند راسل نامهٔ بزرگوارانه‌ای می‌نویسد و در آن ضمن پذیرفتن نکتهٔ راسل به پایه‌های بحث خود اشاره می‌کند و راه خروج از مخمصه را نشان می‌دهد. بخشی از نامهٔ فرگه چنین است: **همکار عزیز. با تشکر فراوان از نامهٔ ۱۶ ژوئن. بسیار خوشوقتم که موافقت خود را با بسیاری از نظرات من ابراز کرده‌اید. اکنون که من به کتاب خود نگاه می‌کنم در می‌یابم که نظریات من در مورد بسیاری از نکاتی که آن جا مطرح کرده‌ام تغییر کرده است.** فرگه سپس از راسل خواهش می‌کند که یک پاراگراف کامل از کتاب فرگه را نادیده بگیرد و حذف کند سپس ادامه می‌دهد **کشف شما باعث حیرت عظیم من شدو می‌خواهم بگویم که باعث لرزاندن تمام پایه‌هایی شد که من تصمیم داشتم کار خود را بر آن بنا کنم.** فرگه پس از توضیحات ریاضی می‌نویسد **قضیه جدی‌تر از این‌ها است. اکنون که قانون پنجم من بی اعتبار شده، پایه‌های محاسبات من در هم فرو ریخته است.**

هر دو نامهٔ این دو فیلسوف جزو مدارک خواندنی تاریخ فلسفهٔ ریاضی به شمار می‌آید. سال‌ها بعد وقتی از برتراند راسل خواسته شد اجازهٔ چاپ این نامه‌ها را بدهد، راسل نامهٔ دیگری نوشت که عمق احترام او به فرگه را نشان می‌دهد. از آن جا که من مترجم نیستم آن چه در پی می‌آید شمای کلی سخنان راسل است.

۲۳ نوامبر ۱۹۶۲، پروفسور «وان‌هی‌جنورت» van Heijenoort **بسیار مشعوف خواهم شد که مکاتبهٔ فرگه و من منتشر شود و از شما بابت پیشنهاد این کار بسیار سپاسگزارم. هنگامی که به عملکردِ شرافت، صداقت و متانتِ بزرگمنشانه فکر**

می‌کنم در می‌یابم که در ذهن من هیچ چیز قابل مقایسه با ایثار فرگه نسبت به «حقیقت» وجود ندارد. یک عمر تلاش طاقت فرسای فرگه در شُرُف رسیدن به نتیجهٔ نهایی بود، اغلب کارهای او به خاطر درک نشدن توسط کسانی که بی‌نهایت ناتوان بودند مورد بی‌مهری و بی‌توجهی قرار گرفته بود، جلد دوم کتابش زیر چاپ بود و درست در این حالت هنگامی که دریافت فرضیات اولیه‌اش دارای خطا بوده است، با خوش خلقی روشنفکرانه با این امر برخورد کرد و هیچ گونه ناراحتی و دلزدگی شخصی از خود نشان نداد. او یک فوق بشر بود و به جای آن که مانند انسان‌های معمولی علاقه به اثبات برتری خود یا اشتهار داشته باشد، خود را وقف کار خلاقانه و رسیدن به حقیقت کرد. او نمایشی از اقتدار بشری بود.

سخنان فراوانی از او در حافظهٔ تاریخ به یادگار مانده است: «وایتهد معلمی کامل بود.» – «مشکل دنیا این است که احمق‌ها و قشریون و خرافاتی‌ها همواره به خودشان اعتماد و اعتقاد دارند و هرگز فکر نمی‌کنند ممکن است بر خطا باشند، اما انسان‌های خردمند سرشار از تردیدند.» – «آنان که از عشق می‌ترسند از زندگی می‌ترسند و آن کس که از زندگی به خاطر مرگ می‌ترسد مرده‌ای بیش نیست.» – «فلسفه نباید از زندگی خصوصی و شخصی کم کند بلکه برعکس باید به آن اضافه کند.» – «هرگز حاضر نیستم به خاطر عقایدم کشته شوم چون ممکن است عقایدم اشتباه باشد.» – «تا چهل سالگی که مغزم خوب کار می‌کرد، به ریاضیات می‌پرداختم و تحقیق می‌کردم. از چهل سالگی تا شصت سالگی که مغزم ضعیف شده بود به فلسفه پرداختم. از شصت سالگی به بعد مغزم از کار افتاد و به سیاست روی آوردم».

راسل جزو فعالان سیاسی تأثیر گذار قرن بیستم بود. چند نمونه از فعالیت‌های سیاسی اجتماعی راسل شخصیت او را از این نظر به خوبی ترسیم می‌کند:

در سال ۱۹۲۰ از طرف دولت بریتانیا همراه یک هیأت عالیرتبه عازم سفر رسمی به اتحاد جماهیر شوروی سوسیالیستی شد تا تأثیرات انقلاب کمونیستی را بر

جامعهٔ روسیه بررسی کند. راسل با لنین ملاقات کرد و با او گفتگو داشت. این نشست یک ساعت به طول انجامید. راسل در اتوبیوگرافی خود تشریح کرده است که «لنین را ناامید کننده با قساوت شیطانی» یافته است. پس از سفر در مسیر رودخانهٔ ولگا و آشنائی با وضعیت جدید مردم روسیه، نظر او نسبت به انقلاب بلشویکی تغییر کرد و او که قبلا جزو حامیان این انقلاب بود به مخالفت با حکومت کمونیستی پرداخت.

راسل یکی از سرشناس‌ترین فعالان ضد جنگ و چهرهٔ شاخص مبارزات ضد امپریالیستی بود. به خاطر فعالیت‌های صلح طلبانه در زمان جنگ بین‌الملل اول به زندان افتاد. سال‌ها بعد کمپین بزرگی بر علیه آدولف هیتلر به راه انداخت. برتراند راسل بر ضد حکومت تمامیت خواه استالین به مبارزه برخاست. در جریان حملهٔ آمریکا به ویتنام تظاهرات ضد حکومت آمریکا راه‌اندازی کرد.

در سال ۱۹۶۲ در جریان بحران موشکی کوبا به پا خاست، به نیکیتا خروشچف رهبر شوروی تلگراف زد، خروشچف در پاسخ به او اطمینان داد که حکومت شوروی بی‌ملاحظگی نخواهد کرد، راسل به کندی رییس جمهور آمریکا تلگراف زیر را مخابره کرد:

حرکت شما بحران زاست. تهدیدی برای بقاء بشریت است. هیچ توجیه قابل قبول ندارد. انسان‌های متمدن آن را محکوم می‌کنند. ما خواهان کشتار جمعی نیستیم. اولتیماتوم به معنای جنگ است. به این جنون خاتمه دهید.

دیوید هیلبرت

David Hilbrt

۱۸۶۲-۱۹۴۳

ریـــاضی‌دان، فـــیزیک‌دان و فـــیلسوف آلمـــانی دانشگـاه گـوتینگن. یکـی از تأثیرگذارترین ریاضی دانان جهان در نیمهٔ دوم قرن ۱۹ و اوایل قرن ۲۰ است. در سال ۱۸۷۲ به دبیرستانی رفت که ۱۴۰ سال پیش کانت آنجا درس خوانـده بـود. تحصیلات خود را در سال‌های ۱۸۸۰ تا ۱۸۸۵ در دانشگاه کونیگسبرگ انجام داد. در بسیاری زمینه‌های ریاضیات صاحب اکتشافات مهم و بسط انـدیشه‌های بکـر است.

در سال ۱۸۹۵ با سمت استادی ریاضیات دانشگاه گوتینگن مشغول به کار شد. در آن زمان این دانشگاه بهترین مرکز دنیا برای تحقیقات ریاضی بود. تا پایان عمر در دانشگاه گوتینگن باقی ماند. جزو شاگردانش می‌توان از امانوئل لاسکر نام برد که قهرمان شطرنج جهان شد. هیلبرت سردبیر مهم‌ترین مجلهٔ ریاضی آن روزگار بود. هنگامی که یکی از شاگردانش رشتهٔ ریاضی را ترک کرد تا به ادبیات بپردازد گفت: «چه خوب شد، به اندازهٔ کافی تخیل نداشت تا بتواند ریاضی‌دان شود».

هیلبرت ظهور نازی‌ها و بـه حکـومت رسـیدن هـیتلر را دیـد کـه مـتعاقب آن یهودی‌های گوتینگن - قبلهٔ ریاضیات جهان - پاکسازی شدند.

یک بار هیلبرت به ضیافت نشسته‌ای دعوت شد. او را کنار وزیر آموزش آلمان

نشاندند. وزیر از هیلبرت پرسید «اکنون که گوتینگن را از زیر نفوذ یهودی‌ها بیرون آورده‌ایم و آن را آزاد کرده‌ایم اوضاع ریاضیات در گوتینگن چگونه است؟» هیلبرت پاسخ داد: «ریاضیات در گوتینگن؟! دیگر چیزی از آن باقی نمانده است».

گرچه هیلبرت مسیحی به دنیا آمد و پرورش یافت اما خیلی زود کلیسا را ترک کرد. از او نقل است که: «حقایق ریاضی مستقل از وجود خدا یا پیش فرض‌های اولیهٔ دیگر است». مشابه این سخن را در دنیای ریاضیات از لاپلاس نیز شنیده‌ایم. هیلبرت در مورد خدا موضع «لاادری» یا نمی‌دانم به خود گرفت.

در ادبیات لاتن باستان آمده:

ما نمی‌دانیم

ما نخواهیم دانست

هیلبرت با همین وزن و قافیه در مراسم بازنشستگی خود به جامعهٔ دانشمندان آلمان گفت:

ما باید بدانیم

ما خواهیم دانست

درست یک روز قبل از این که هیلبرت این ادبیات را به کار ببرد، کورت گودل در کنفرانس میز گرد دانشمندان آلمان، تولد «نظریهٔ ناکاملیت» را اعلام کرد.

هیلبرت دست آوردهای مهمی در ریاضیات دارد. در سال ۱۹۰۰ در کنگرهٔ بین‌المللی ریاضیات پاریس، هیلبرت فهرست ۲۳ مسألهٔ مهم و حل نشدهٔ ریاضی را اعلام کرد. به گفتهٔ ریاضی‌دانان این مهم‌ترین فهرست مسائل حل نشده بود که تا آن لحظه به وسیلهٔ یک ریاضی‌دان عنوان می‌شد.

تأثیر کار وایتهد – راسل بر هیلبرت او را به کار در مورد نظریهٔ کامل خود کشاند. پس از آن که هیلبرت تمام بنیان‌های هندسهٔ کلاسیک را دوباره نگری کرد، توانست به سایر مسایل روز ریاضی جهان بپردازد. شیوهٔ هیلبرت با کار سایر ریاضی دانان مانند وایتهد و راسل و دیگران تفاوت داشت. هیلبرت در گردهم‌آئی بین‌المللی

بعدی، سخنرانی «مشکلات ریاضیات» را ایراد کرد. او در مقدمه به آینده نگری خود در زمینهٔ ریاضیات و فعالیت‌های ریاضی دانان آینده اشاره کرد. هیلبرت نـظریات خود را در مورد «مبانی ریاضیات» در دو جلد منتشر کرد.

اواخر قرن ۱۹ و اوایل قرن بیستم، بسیاری دانشمندان بر این باور شده بودند که تمام مسائل جهان دانش حل شده است و فقط اندکی کار روی جزئیات باقی مانده است. برخی دانشمندان ردهٔ اول بر این باور نبودند اما خیال می‌کردند حل جامع و مانع و کامل همهٔ مسایل امکان‌پذیر است. خیلی‌ها در این مسیر کوشیدند. برخی نیز ارستو گونه علاقه داشتند جواب کلی و کامل و حل همهٔ مسایل را ارائه کنند. (بعدها گودل، هایزنبرگ و لطفی زاده، نشان دادنـد کـه ایـن مـمکن نـیست). هـیلبرت و ریاضی‌دانانی که با او در کعبهٔ ریاضیات گوتینگن کار می‌کردند به کار شجاعانه و تهور عظیم تعریف «مبانی ریاضیات» مشغول بودند. این کار، یعنی حـل تـمام مسـایل ریاضی با تکیه بر شیوه‌های متعارفی و بدیهی ریاضیات که بر مبنای اصول قطعی و مسلم و خدشه‌ناپذیر و بی چون و چرای ریاضیات قرار داشت. همان که امروز به حل کامل و جامع یا total solution معروف است.

هیلبرت با تأثیر پذیری از وایتهد – راسل در دههٔ ۱۹۲۰ کارهای جـاه طـلبانهٔ اصلی خود را منتشر کرد. هیلبرت به بنیان گذار «فرمالیزم» در فلسفهٔ ریاضی مشهور است. این کار در ۱۹۲۱ اعلام گردید. هدف اصلی و اولیهٔ کار هیلبرت ارائـهٔ بـنیان مستحکم ریاضیات است که اصول متعارفی تزلزل‌ناپذیر و قابل اثبات خواهد داشت و از آن‌ها می‌توان تمام نتایج و حقایق ریاضی را استنتاج و استخراج کرد.

اگر چه فرگه – وایتهد – راسل – هیلبرت، بر ضد ارستو رفتار کردند اما، خودشان می‌خواستند حرف آخر را بگویند و به گونه‌ای رفتار کردند که کارشان شبیه ارستو شد به طوری که می‌توان مجموعهٔ آن‌ها را ارستوی مدرن نامید. و خواهیم دید که گودل با کار نبوغ آسای خود چگونه مجموعهٔ کار آنان را باطل کرد که به این ترتیب رؤیای هیلبرت برای حل کامل مسأله به شکست منتهی شد.

هنگامی که کوشش‌های اولیه برای نمایان کردن نقش بنیان ریاضیات، به خاطر ناسازگاری هایی که پارادوکس‌های مختلف به آن تحمیل کرد نا موفق ماند، هیلبرت دست به کار شد و «برنامهٔ هیلبرت» را سازمان بندی کرد. او به عنوان راه حل پیشنهاد کرد که اصول متعارفی تمامی نظریه‌های موجود در یک مجموعهٔ اصول متعارفی کامل و مشخص گردآوری شود و اثباتی فراهم شود که نشان دهد این اصول متعارفی سازگار هستند. هیلبرت پیشنهاد کرد که سازگاری ساختارهای مفصل‌تر و پیچیده‌تر ریاضی می‌تواند از ساختارهای ساده‌تر نتیجه شود. به این ترتیب سازگاری تمام ساختارهای ریاضی به محاسبات ساده در علم حساب تقلیل می‌یابد. هیلبرت می‌خواست با این روش تمام پایه‌های ریاضی را در سایهٔ امن نگاه دارد. برنامه هیلبرت شامل موارد زیر می‌شد:

۱ – فرمالیزم یا تشکل دادن تمام ریاضیات با زبان رسمی و سنتی آن با وضوح کامل.

۲ – completeness یا کامل بودن. ثابت شود که «تمام» گزاره‌های حقیقی ریاضی قابل شکل دادن (فرمالیزم) هستند.

۳ – consistency یا سازگاری. برای اثبات استحکام و انسجام بنیان‌های ریاضی ثابت شود که در فرمالیزم ریاضی هیچ نوع تضادی پدید نخواهد آمد.

۴ – decidability یا قابلیت تصمیم‌گیری. برای حل و فصل کردن مشکلات باید الگوریتمی به وجود آورد که «درست» و «غلط» هر گزارهٔ ریاضی مشخص شود.

تا سال ۱۹۱۲ هیلبرت فقط به ریاضیات محض می‌پرداخت و به سایر رشته‌های معارف بشری ورود نمی‌کرد. در سال ۱۹۱۲ هیلبرت نظر خود را متوجه فیزیک کرد و فقط به فیزیک نظری یا فیزیک ریاضی پرداخت. او برای خود آموزگار خصوصی فیزیک گرفت و به درس خصوصی فیزیک مشغول شد. حتا پس از آن که

در ۱۹۱۴ جنگ شروع شد به شرکت در سمینارها و کلاس‌های فیزیک ادامه داد و یک دورهٔ کامل فیزیک آموخت.

در سال ۱۹۱۵ از اینشتین برای سخنرانی و برقرار کارگاه آموزشی در گوتینگن دعوت کرد. هنگامی که اینشتین سر کلاس و پای تختهٔ سیاه به مشکلات ریاضی بخشی از نسبیت اشاره می‌کرد نمی‌دانست که انتهای سالن یک جفت چشم تیز بین عقاب‌گونهٔ هیلبرت به عمق ریاضی مسأله نظر انداخته است. هیلبرت مسألهٔ ریاضی اینشتین را حل کرد اما هیچ‌گونه ادعائی نکرد و حرمت نگه داشت.

غیر از مسایل ریاضی نسبیت، هیلبرت به مسایل ریاضی هایزنبرگ و شرودینگر نیز پرداخت و بسیاری از مشکلات ریاضی فیزیکدانان را برطرف کرد. هیلبرت می‌دانست که فیزیک نظری بر مبنای ریاضیات پیش می‌رود اما فیزیکدان‌ها معمولا در ریاضیات سهل‌انگار و شلخته هستند که این شیوهٔ برخورد با ریاضیات به نظر هیلبرت – نوک پیکان ریاضیات جهان – بسیار زشت می‌رسید به همین جهت معتقد شده بود «فیزیک برای فیزیکدانان بسیار دشوار است». از او نقل است که «فیزیک مهم‌تر از آن است که به دست فیزیکدانان سپرده شود».

استاد حسن صفاری در پاورقی صفحهٔ ۸۱۳ ترجمهٔ تاریخ علوم پی‌یر روسو مطلب مهمی را نوشته که چون جای دیگر ندیدم عینا نقل می‌کنم:

> این دانشمند نامی که یهودی هم نبود در ۸۱ سالگی به واسطهٔ زجر و شکنجهٔ عمال هیتلر در یکی از اردوگاه‌های اسیران جنگی درگذشت. تاریخچهٔ موضوع از این قرار است که در زمان جنگ بین‌المللی ۱۹۱۸–۱۹۱۴ عده‌ای از متعصبین آلمانی قطعنامه‌ای انتشار دادند که «دانشی غیر از دانش آلمانی وجود ندارد» و بسیاری از علمای آلمانی این قطعنامه را امضاء کردند ولی جمعی دیگر از جمله هیلبرت و اینشین و پلانک از امضاء آن خودداری نمودند و به همین دلیل مورد کینه و تنفر ملیّون متعصب آلمان قرار گرفتند. بعد

از استقرار حکومت نازی‌ها در آلمان، هیلبرت که از رفتار با دانشمندان بزرگ اعم از یهودی و غیر یهودی سخت عصبانی بود غالبا مخالفت خود را ابراز می‌کرد و از ورود در حزب و همکاری با هیتلر خودداری می‌کرد و در نتیجه بهانه‌ای به دست متعصبین افتاد که خرده حساب‌های سابق را تصفیه کنند و این موضوع منجر به توقیف و شکنجه و مرگ این افتخار بزرگ ملت آلمان گردید.

می‌دانیم که نیروهای نازی، فرزند ماکس پلانک را تیرباران کردند و بسیاری از دانشمندان از جمله هیلبرت را به شدت آزردند اما سایر مدارک موجود، مرگ هیلبرت را به صورت فوق تأیید نمی‌کنند.

به خاطر پاکسازی ریاضی‌دانان یهودی از گوتینگن و سایر دانشگاه‌های آلمان، پس از آن که هیلبرت درگذشت کسی باقی نمانده بود تا در تشییع جنازهٔ او شرکت کند و فقط پنج شش نفر در مراسم حضور داشتند که از آن میان تنها دو نفر دانشگاهی بودند. اخبار مرگ او شش ماه پس از درگذشتش به دنیای ریاضیات رسید و باعث تأسف عمیق ریاضی‌دانان جهان گردید.

کورت گودل

Kurt Godel

۱۹۰۶-۱۹۷۸

منطق دان، ریاضی دان و فیلسوف اتریشی است. پدرش مدیر کارخانهٔ نساجی و چاپ پارچه و کاتولیک بود. مادرش پروتستان بود و فرزندان خانواده پروتستان شدند. از کودکی مذهبی بار آمد و تا آخر عمر به مذاهب اعتقاد داشت. پدر بزرگش خوانندهٔ مشهور اپرا بود و با ارکستر شهر همکاری می‌کرد. در کودکی به کورت «آقای چرا؟» می‌گفتند زیرا در تمام موارد پرس و جو می‌کرد. در کودکی به رماتیزم گرفتار شد و با آن که معالجه گردید تا آخر عمر گمان می‌کرد قلبش دچار مشکل شده است.

در آن روزگار کشورهای اروپا دائم دست به دست می‌شدند و نقشهٔ اروپا تغییر می‌کرد. در پایان جنگ که امپراتوری اتریش مجارستان تجزیه می‌شد،گودل به طور اتوماتیک در ۱۲ سالگی شهروند چکسلواکی گردید. او در ۲۳ سالگی شهروندی اتریش را پذیرفت. در سال ۱۹۳۸ که اتریش ضمیمهٔ خاک آلمان شد،گودل به طور اتوماتیک شهروند آلمان شد.

در ۱۸ سالگی وارد دانشگاه وین شد. ریاضیات، فیزیک و فلسفه رشته‌های مورد علاقه و مطالعهٔ او بود. در دانشگاه با کتاب وایتهد – راسل آشنا شد و به منطق ریاضی علاقه‌مند گردید. می‌گفت «منطق ریاضی علمی است که بر همهٔ دانش‌های بشری تقدم دارد».

گودل از دانشگاه وین دکترای ریاضی گرفت. اگر سه منطق دان اصیل طول تاریخ را بخواهیم نام ببریم اسم ارستو، فرگه و گودل به میان می‌آید. در زمانی که وایتهد – راسل – هیلبرت مشغول استفاده از تئوری مجموعه‌ها و منطق برای استحکام مبانی ریاضی بودند گودل نشان داد که زحمات آنان در این مورد به نتیجهٔ مطلوب نمی‌رسد.

گودل به آمریکا سفر کرد و تا پایان عمر آن‌جا ماند. در آن هنگام آلبرت اینشتین در پرینستون بود و گودل به او ملحق شد. به عضویت «انستیتوی تحقیقات پیش‌رفته» دانش‌گاه پرینستون درآمد و در معیت سایر متفکرین علمی بزرگ قرن از جمله اینشتین به‌سر برد. با اینشتین دوستی عمیق پیدا کرد. گودل نزدیک‌ترین دوست و مصاحب اینشتین بود و اینشتین با هیچ کس دیگر به راحتی با گودل نبود. البته هر قدر اینشتین شاد و شوخ و بذله‌گو بود، گودل با شخصیتی کافکائی، غمگین و سنگین و تودار بود. اینشتین و گودل آلمانی صحبت می‌کردند و زبان آلمانی، دوستی حرفه‌ای گودل و اینشتین را به مراتب محکم‌تر کرد. آنان ساعت‌های طولانی با یکدیگر قدم می‌زدند و صحبت می‌کردند. آکادمیسین‌های پرینستون در مورد این دو و صحبت‌های آنان کنجکاو بودند. یکی از دانشمندان که اواخر عمر اینشتین، با او مصاحبه کرده می‌گوید «برای اینشتین کارهای خودش دیگر چندان اهمیت نداشت. اینشتین فقط به این دلیل به انستیتوی مطالعات پیشرفته می‌آمد که بتواند با گودل قدم بزند و با او گفتگو و تبادل نظر کند». در مراسم تحلیف شهروندی آمریکا، اینشتین گودل را همراهی کرد و گودل در ۴۲ سالگی شهروند آمریکا شد. در سال ۱۹۵۳ پروفسور دانشگاه پرینستون گردید و در ۱۹۷۶ بازنشسته شد.

گودل در آخر عمر دچار بیماری روانی شد. او خیال می‌کرد می‌خواهند او را مسموم کرده و از بین ببرند. به همین دلیل فقط از دستپخت همسرش، تازه آن هم پس از آن که همسرش لقمهٔ اول را می‌خورد، استفاده می‌کرد. در سال ۱۹۷۷ همسرش بیمار و در بیمارستان بستری شد. گودل غذا نخورد. وزن او به سی کیلو گرم

رسید و از دنیا رفت. گودل به خدا و به ادیان اعتقاد راسخ داشت و به جد معتقد بود زندگی پس از مرگ وجود دارد و می‌گفت اگر دنیا عقلانی و دارای معنا است پس باید زندگی پس از مرگ وجود داشته باشد.

یک سال پس از اتمام دکترای ریاضی در دانشگاه وین در سن ۲۵ سالگی، در سال ۱۹۳۱ و در ۲۶ سالگی دو قضیهٔ بسیار مهم را در ریاضیات اثبات کرد. قضایای گودل به «ناکاملیت» معروف است. برخی ترجیح داده‌اند آن را «ناتمامیت» بنامند. صورت اصلی قضایای گودل به زبان ریاضی – آلمانی نوشته شده و هرگونه که ترجمه شود به شکل جدیدی در می‌آید اما قلب آن یکسان است و ما روایت داستان گونه‌ای از آن را خواهیم آورد.

consistency را خیلی‌ها به «سازگار» ترجمه کرده‌اند. احتمالا اگر آن را «بسته» یا «روی خود بسته» یا «در بسته» ترجمه کنیم گویاتر بشود و آن «ساختار ریاضی» است که دو سر آن به هم رسیده باشد و مثل یک حصار یا دیوار به دور قلعهٔ ریاضیات کشیده شده باشد. این «ساختار ریاضی» هر قدر هم بزرگ باشد، بالاخره «محدود» به حدود است.

این به زبان ساده و خودمانی است و ممکن است برخی متخصصان را خوش نیاید. البته این دور و اطراف فیلسوف که نداریم (از قدیم نداشته‌ایم) شما هم به هیچ منطق‌دانی نگوئید که inconsistency یا ناسازگاری یعنی «سخن بی سر و ته». اکنون اندکی حرفه‌ای‌تر بگوئیم: تعریف اغلب منطق دانان به شکل زیر است

$$\text{Consistency} = \text{Logical Possibility}$$

سازگاری = امکان منطقی

بنابراین به جای سازگار بودن می‌توان گفت «منطقا امکان داشتن» یعنی سخنی که درست و درمان است و سر و ته دارد.

برای بیان ناکاملیت گودل مثال مشهوری وجود دارد که با زبان غیر ریاضی درون منطق گودل را بیان می‌کند. به خاطر ماهیت پارادوکسی این مثال کمی در مورد

پارادوکس صحبت کنیم. قبلا پارادوکس آشیل و لاک پشت، همچنین پارادوکس راسل را دیدیم. این پارادوکس‌ها باعث تحول در منطق شده‌اند. اکنون پارادوکس مرد زورمند مطلق را در نظر بگیریم. کسی که ادعا می‌کند قادر مطلق است و همه کار می‌تواند انجام دهد. «آیا قادر مطلق می‌تواند سنگی بسازد که آنقدر سنگین باشد که خودش نتواند بلند کند؟» (۱) اگر بتواند بسازد چون نمی‌تواند بلند کند قادر مطلق نیست. (۲) اگر نتواند بسازد چون نتوانسته بسازد قادر مطلق نیست. اکنون به پارادوکس دروغگو فکر کنیم: شخصی فریاد می‌زند «من دروغگو هستم». آن شخص در چه حالت است؟ (۱) اگر دروغگو باشد چون راستش را گفته پس دروغگو نیست. (۲) اگر دروغگو نباشد چون به دروغ گفته «من دروغگو هستم» پس دروغ گفته. نتیجه:

اگر راست بگوید دروغ گفته است.

اگر دروغ بگوید راست گفته است.

اکنون قضیهٔ گودل: فرض کنیم یک ماشین به نام **ماشین حقیقت جهانی** یعنی یک «ساختار ریاضی» بزرگ فراگیر داریم که قادر است «هر سوآلی را به درستی پاسخ بگوید».

گودل از اپراتور ماشین در مورد برنامه‌ای که برای این ماشین نوشته شده می‌پرسد. اپراتور می‌گوید این برنامه پیچ و خم فراوان دارد و بسیار بغرنج است اما در هر حال طول معین و محدودی دارد و نامشخص و نامحدود نیست.

داشتن طول معین و مشخص، یعنی ابتدا و انتهای برنامه معلوم است، به بیان دیگر **سازگار** است.

گودل لبخندی می‌زند و می‌نویسد: **ماشین حقیقت جهانی هرگز نخواهد گفت این جمله حقیقت دارد.**

جملهٔ گودل هیچ عیب و نقصی ندارد و گودل یک **گزارهٔ صحیح** نوشته است. اسم این جمله را به احترام خود گودل، از نام خود او می‌گیریم و **گ** می‌گذاریم.

گ = ماشین حقیقت جهانی هرگز نخواهد گفت این جمله حقیقت دارد.

از آن جا که تمام این جمله را **گ** نامیدیم پس:

گ = جمله

در نتیجه باید بنویسیم:

گ = ماشین حقیقت جهانی هرگز نخواهد گفت گ حقیقت دارد.

اکنون گودل جملهٔ خود را به ماشین نشان می‌دهد و با خنده مـی‌پرسد آیـا **گ** حقیقت دارد یا ندارد؟

اگر **ماشین حقیقت جهانی** بگوید **گ** حقیقت دارد در این صورت جملهٔ **ماشین حقیقت جهانی هرگز نخواهد گفت گ حقیقت دارد** غلط در خواهد آمد و در نتیجه **گ** غلط خواهد بود. اگر بگوید **گ** حقیقت دارد یا صادق است به منزلهٔ این خواهد بود که گفته باشد **گ** حقیقت ندارد و صادق نیست. **ماشین حقیقت جهانی** یک گزارهٔ غیر حقیقی را بیان کرده است. بنابراین **ماشین حقیقت جهانی** هرگز نخواهد گفت که **گ** حقیقت دارد زیرا این ماشین فقط گزاره‌های صحیح بیرون می‌دهد.

با استدلال مشابه دیده می‌شود که اگر **ماشین حقیقت جهانی** بگوید **گ** حقیقت ندارد، مانند این است که گفته باشد جملهٔ **ماشین حقیقت جهانی هرگز نخواهد گفت گ حقیقت دارد** درست نیست یعنی **هرگز نخواهد گفت** صادق نیست به این معنی که این بار **ماشین حقیقت جهانی خواهد گفت گ حقیقت دارد** و نتیجه می‌شود **گ** حقیقت دارد.

اگر بگوید **گ** حقیقت دارد یعنی **گ** حقیقت ندارد

اگر بگوید **گ** حقیقت ندارد یعنی **گ** حقیقت دارد

در نتیجهٔ بحث بالا، **ماشین حقیقت جهانی** جز سکوت (و احیانا دود کردن) کار دیگری از دستش برنخواهد آمد.

در این هنگام گودل می‌گوید اکنون که من می‌دانم **گ** یک گزارهٔ صحیح است اما **ماشین حقیقت جهانی** نمی‌تواند در این مورد چیزی بگوید، پس من نتیجه می‌گیرم

که **ماشین حقیقت جهانی** چندان هم **جهانی** و فراگیر نیست. به این معنی که **در داخل «ساختار ریاضی» بسته یا سازگار گزاره‌هایی هست که نمی‌توان درستی یا نادرستی آن‌ها را اثبات کرد.**

حال اگر **ماشین حقیقت جهانی** را یک «ساختار ریاضی» در نظر بگیریم، گزاره‌ها یا معادلات صادق وجود دارند که برای ما شناخته شده هستند اما در داخل «ساختار ریاضی» نمی‌توان آن‌ها را نشان داد و ناگزیر به این نتیجه می‌رسیم که آن «ساختار ریاضی» **کامل** نیست (ناکاملیت).

به این ترتیب گودل نشان می‌دهد که «قابلیت اثبات» یا **اثبات** پذیری نسبت به **حقیقت** در درجهٔ دوم اهمیت قرار دارد و **حقیقت** چه قابل اثبات باشد و چه نباشد به **اثبات** ترجیح دارد. این گونه است که جهان منطق ریاضی در همسایگی ناجهان متافیزیک قرار می‌گیرد.

برای بررسی نظریه دوم گودل بگوییم: «**عقل**» تنها چیزی است که به «**عدل**» تقسیم شده زیرا هیچ کس از سهم خود ناراضی نیست. هر کسی، به زعم خود، از میزان بالای «**عقل**» برخوردار شده است. همه، حتا دیوانگان، دارای منطق خاص و سازگار درونی هستند و با آن امورات می‌گذرانند.

اکنون سوآل این است: چگونه می‌توانیم بدانیم که آیا دیوانه هستیم یا خیر؟ به بیان دیگر، چگونه می‌توانیم بدانیم که منطق ما ویژه و سازگار با خود ما نیست؟ ما که غیر از همین یک «منطق» خودمان «منطق» دیگری نداریم؟ از داخل «منطق» خودمان چگونه می‌توانیم بیرون آن را ببینیم و داوری کنیم؟ در پاسخ باید گفت که ما نمی‌توانیم بدانیم زیرا ما نمی‌توانیم سازگار بودن منطق خود را در داخل منطق خودمان نشان دهیم. به این معنی که **در داخل یک «ساختار ریاضی» مشخص نمی‌توان سازگاری همان «ساختار ریاضی» را نشان داد.**

می‌دانیم که مستحکم‌ترین ساختار دنیا، ریاضیات است. گودل نشان داد در هر «ساختار ریاضی»:

۱ – اگر «ساختار ریاضی» سازگار باشد نمی‌تواند کامل باشد.

۲ – سازگاری «ساختار ریاضی» را نمی‌توان در خود آن «ساختار ریاضی» ثابت کرد.

البته تمام بحث بالا در میدان ریاضیات و با نمادها و نشانه‌های ریاضی انجام شده و اینجا فقط صورت بسیار ساده شدهٔ فلسفی آن عنوان گردید.

به این نظریه «ناکاملیت» incompleteness یا «ناتمامیت» می‌گویند. مجموع کارهای فرگه – وایتهد – راسل – هیلبرت برای ساختن کامل ریاضیات بر مبنای مجوعه‌ای از اصول موضوعه، با قضایای گودل ویران شد. گودل نشان داد که هر ساختار شناخته شده غیر متناقض ریاضی که به اندازهٔ کافی بزرگ باشد که لااقل علم «حساب» را در بر بگیرد، نمی‌تواند «کامل بودن» خود را بر مبنای اصول موضوعهٔ اولیه داخل خود ثابت کند.

در سال ۱۹۳۱ نظریهٔ ناکاملیت گودل نشان داد که برنامهٔ عظیم و جاه‌طلبانهٔ هیلبرت برای یافتن مجموعه‌ای «**کامل**» و «**سازگار**» از اصول موضوعه برای تمام ریاضیات واقع گرایانه نیست و در عمل نمی‌تواند وجود داشته باشد و خوش بینی هیلبرت در واقع خوش خیالی بوده و مناسبتی نداشته است. کشف نبوغ آسای گودل بر زحمات تمام علمای منطق ریاضی پیش از خود خط بطلان کشید. برای بیان نظریات گودل با زبان غیر ریاضی پیش‌نهادهای فراوانی طرح شده است، از جمله:

گزاره‌های درستی در هر «ساختار ریاضی» هست که صحت آن‌ها را در همان «ساختار ریاضی» نمی‌توان اثبات کرد.

در سپتامبر سال ۱۹۳۰ گودل اولین نظریهٔ ناکاملیت خود را به کنفرانس ریاضی کونیگسبرگ ارائه کرد و برخی ریاضی دانان بلافاصله متوجه اهمیت آن و تأثیرش بر کار هیلبرت شدند.

تا پیش از گودل ریاضیات باشکوه‌ترین و محکم‌ترین ساختمان بشری بود. می‌شد از ریاضیات به عنوان تواناترین ابزار برای شناخت جهان هستی بهره برد.

گودل این ساختار عظیم را لرزاند و اندیشمندان را وادار کرد در مورد تمام بنیان‌های اندیشگی خود دوباره نگری کنند.

طبق منطق کلاسیک ارستو هر گزاره‌ای یا درست یا نادرست است. گودل نشان داد که چنین تصمیم‌گیری امکان‌پذیر نیست و در هر «ساختار ریاضی» گزاره‌هایی وجود دارند که نه اثبات پذیرند و نه انکارپذیر.

قضیهٔ دوم گودل می‌گوید اثبات سازگاری یک ساختار ریاضی در داخل همان ساختار ریاضی و با اتکا به اصول موضوعهٔ آن امکان‌ناپذیر است.

به خاطر اهمیت ویژهٔ این موضوع تکرار کنیم که در تئوری نخستین گودل نشان می‌دهد که هر «ساختار ریاضی» سازگار که به اندازهٔ کافی بزرگ باشد به نحوی که علم حساب را در بر بگیرد، هرگز نمی‌تواند کامل باشد. در این «ساختار ریاضی» می‌توان یک گزار صادق ساخت که نتوان درستی اش را در داخل آن «ساختار ریاضی» به اثبات رساند.

در نظریه دوم گودل نشان می‌دهد که ساختار ریاضی نمی‌تواند سازگاری خودش را اثبات کند در نتیجه سازگاری هیچ ساختار بزرگتری را هم نمی‌توان با قطعیت از آن نتیجه گرفت. این در حالی بود که هیلبرت گمان می‌کرد یک «ساختار ریاضی» سازگار می‌تواند سازگاری خودش را نشان داده به اثبات برساند.

گودل با این کار در واقع با بنیان منطق و ریاضیات کلاسیک همان کاری را کرد که اینشتین و هایزنبرگ و دیراک با مکانیک و فیزیک و فلسفهٔ کلاسیک کردند. اینان بساط تفکر سنتی و کلاسیک را برچیدند و انسان را وارد دنیای پر از رمز و راز جدید کردند.

آنچه بعدا اتفاق افتاد از عجایب دنیای منطق و ریاضیات است. در سال ۱۹۳۱ نظریهٔ «ناکاملیت» نشان داد که برای هر مجموعه‌ای از (a)ها و (b)ها که می‌خواهد ساختمان ریاضیات را ببندد، تعدادی از (c)هاوجود دارد که نمی‌شود آنها را از همان (a)ها و (b)ها نتیجه گرفت. این سخن گودل به معنای ابطال کامل هدف کتاب

«اصول ریاضی» وایتهد – راسل است. اما بدون کتاب وایتهد راسل امکان پدیداری نظریهٔ «ناکاملیت» گودل وجود نداشت.

از آنجا که کارهای «فرگه – وایتهد – راسل – هیلبرت» در این جهت بود که اصول کامل و جامع و مانع بر جهان ریاضیات و منطق را به دست دهند می‌توان مجموعهٔ آن‌ها را «ارستوی مدرن» نامید که بعدها به دست گودل از سلطنت خلع شدند. «ارستو» در معنای عام کسی است که می‌خواهد خودش همهٔ حرف را به طور کامل بگوید. و گودل نشان داد که انسان هرگز قادر به این کار نخواهد بود و هیچ بهشتی برای ارستو و پیروانش متصور نیست.

مکانیک کوانتوم

تا پیش از مکانیک کوانتوم، **درک** به معنای **امکان تصور** بود. در ریاضیات اولیه می‌بینیم هندسهٔ اقلیدس، فضای پهناور صاف را که از هر سو تا بی‌نهایت گسترده شده نشان می‌دهد. هندسهٔ لوباچفسکی فضایی شبیه به زین اسب را نمایان می‌کند. هندسهٔ ریمان به فضایی گرد و خمیده شبیه به کره دلالت می‌کند. به تدریج ابعاد ریاضی جهان گسترش یافت تا در نهایت به بُعد یازدهم در «سوپر تار» و بُعد سیزدهم در «سوپر غشاء» منجر گشت. در این حال «درک» به معنای «امکان تصور» کاملا کنار رفت. در فضای جدید مکانیک کوانتوم، **درک** به معنای **امکان نوشتن به زبان ریاضی** است.

ما باید تمام ریاضیات را مانند یک میکروسکپ در دست‌مان بگیریم و از پشت آن به درون اتم نگاه کنیم. اگر داخل اتم «دیده شد» اسم آن را درک جهان داخل اتم می‌گذاریم. هر کتابی که با زبان غیر ریاضی به کوانتوم مکانیک بپردازد دچار ضعف «دید» خواهد شد. نگفته پیداست کتاب حاضر که در مورد فلسفهٔ علم و ریاضیات است اما از بیان ریاضی می‌پرهیزد تا چه اندازه محدود می‌شود، اما همهٔ آحاد بشر «محکوم» به دانستن ریاضیات نیستند! البته انسان‌ها مایلند بدانند ریاضی‌دانان در مورد چه گفتگو می‌کنند.

امروزه برخی فیزیک‌ریاضی‌دانان سخن خود را به گونه‌ای می‌گویند که برای غیر ریاضی‌دانان نیز آشنایی هر چند مختصری فراهم می‌آورد. اما لحظه‌ای را تصور کنیم که بتهوون بخواهد برای یک «ناشنوا» موسیقی خود را بیان کند. بدون ساز و

اجرا و صوت از موسیقی چه می‌فهمیم؟ اکنون اگر مخاطب را از بینایی هم محروم کنیم به طوری که قادر به دیدن نت‌ها نیز نباشد آنالوژی را به واقعیت نزدیک‌تر کرده‌ایم.

بسیاری از بخش‌های فیزیک را یک نفر ایجاد کرده است، مکانیک نیوتن، الکترودینامیک ماکسول یا نسبیت اینشتین همگی کار یک نفر است، اما مکانیک کوانتوم کاری دستجمعی است که در سی سال اول قرن بیستم پدید آمد. مکانیک کلاسیک قادر به تشریح اوضاع داخلی ماده نبود، برای این کار مکانیک کوانتوم به کار گرفته شد. در این علم به بررسی جزئیات اوضاع و احوال جهان بی‌نهایت کوچک‌ها می‌پردازیم. به علم کوانتوم مکانیک اسامی مختلف داده‌اند و آن را «فیزیک کوانتوم» یا «نظریهٔ کوانتوم» هم گفته‌اند. کوانتوم QUANTUM در لغت به معنی «مقدار» و «اندازه» و مانند آن است و به کمیّت کوچک اشاره می‌کند. کوانتوم در فیزیک اتمی معنی کوچک‌ترین جزء می‌دهد. مثلا کوانتوم انرژی به معنای کوچک‌ترین واحد یا بستهٔ انرژی است. جمع آن «کوانتا» خوانده می‌شود که به معنی «کوانتوم‌ها» است. شروع این علم سال ۱۹۰۰ در سرآغاز قرن بیستم و شروع کنندهٔ آن ماکس پلانک است.

ماکس پلانک

Max Planck

۱۸۵۸ تا ۱۹۴۷

کشف بسته‌های انرژی – سال ۱۹۰۰ – جایزه نوبل ۱۹۱۸

پدر کوانتوم مکانیک، ماکس پلانک، فیزیک‌ریاضی‌دان آلمانی است. علم فیزیک به دو شاخهٔ اصلی تقسیم می‌شود. شاخهٔ اول عملی یا تجربی یا آزمایشگاهی و شاخهٔ دوم فیزیک نظری یا فیزیک ریاضی است. کشفیات اولیهٔ تئوری کوانتوم به شاخهٔ فیزیک نظری یا فیزیک ریاضی تعلق دارد.

ماکس پلانک در خانواده‌ای فرهنگی به دنیا آمد. پدرش حقوق‌دان و استاد دانشگاه بود. ماکس فرزند ششم خانواده است. اسم «ماکس» را که مخفف مارکس و مارکوس و ماکسیمیلیان است خودش در ده سالگی برای خود انتخاب کرد. در کودکی شاهد اشغال شهر زادگاهش توسط ارتش اتریش بود. در نوجوانی به موسیقی روی آورد. پیانو و ارگ و ویلن سل می‌نواخت. آموزش آواز دید و برای آواز آهنگ نوشت. حتا اپرا هم نوشته است اما در نهایت به جای موزیک به سرزمین فیزیک داخل شد.

پروفسور فیزیک دانشگاه مونیخ به او گفت: «به رشتهٔ فیزیک وارد نشو چون دیگر هیچ چیز کشف نشده در فیزیک وجود ندارد و همه چیز معلوم شده است و فقط یک مقدار از جزئیات باقی مانده که در طول زمان روشن خواهد شد». این نگاه عمومی زمانه بود. پلانک جواب داد: «من برای کشف چیزهای جدید وارد این رشته نمی‌شوم بلکه دلم می‌خواهد تمام چیزهائی را که تاکنون کشف شده بشناسم». پلانک در ۱۸۷۴ در هفده سالگی وارد دانشگاه مونیخ و سه سال بعد در ۱۸۷۷ وارد دانشگاه برلین شد.

در سال ۱۸۸۷ با ماری مرک (۱۹۰۹–۱۸۶۱) ازدواج کرد. همسرش در ۴۸ سالگی از دنیا رفت. حاصل این ازدواج سه فرزند بود. کارل (۱۹۱۶–۱۸۸۸) که در بیست و هشت سالگی در جنگ کشته شد. دو دختر دوقلو به نام‌های گِرِته (۱۹۱۷–۱۸۸۹) و اِما (۱۹۱۹–۱۸۸۹) که هر دو تازه عروس بودند و در سنین بیست و هشت سالگی و سی سالگی از دنیا رفتند. زخم عمیق مرگ فرزندان قلب پلانک را تا آخر عمر جریحه دار کرد به طوری که گاه در سخنرانی‌های علمی خود نیز به این غم بزرگ اشاره می‌کرد. پلانک از ازدواج دوم صاحب یک پسر شد. اروین (۱۹۴۵–۱۸۹۳) که به اتهام دست داشتن در سوء قصد بر علیه هیتلر در سال ۱۹۴۵ با جوخهٔ آتش نازی‌ها تیرباران شد.

ماکس در دانشگاه مونیخ و سپس دانشگاه برلین زیر نظر برجسته‌ترین استادان روزگار خود تحصیل کرد و رسالهٔ پایان نامهٔ دکترایش را در فیزیک حرارت و در مورد

قانون دوم ترمودینامیک گذراند. در سال ۱۸۸۰ عضو هیأت علمی دانشگاه مونیخ شد و پس از پنج سال استاد دانشگاه کیل گردید.

در سال ۱۸۸۹ با سمت استادیاری به دانشگاه برلین منتقل شد و مدیر مرکز فیزیک نظری گردید. کلاس‌هایش در دانشگاه برلین شهرت عام پیدا کرد. معمولا آمفی‌تأتر مملو از جمعیت می‌شد و بسیاری نیز در دو سوی سالن می‌ایستادند یا بر زمین می‌نشستند و به مطالب پلانک گوش می‌کردند. درس‌های پلانک در زمینه‌های مختلف فیزیک نظری، نو و دشوار بود. یک روز پلانک فراموش می‌کند کلاسش در کدام اتاق برگزار می‌شود، از یک کارمند دفتری تازه وارد می‌پرسد: «کلاس پروفسور پلانک کجا تشکیل می‌شود؟» کارمند که وصف پلانک را شنیده بود اما قیافهٔ او را ندیده بود و از نزدیک پلانک را نمی‌شناخت گفت: «جوان! به این کلاس نرو! برای تو هنوز زود است که درس استاد پلانک، دانشمند بزرگ اینجا را بفهمی».

پلانک در اثر تحقیقاتش در سال ۱۹۰۰ موفق به کشف عظیمی شد که بنیان فیزیک نظری را زیر و زبر کرد. تا آن زمان باور عمومی چنین بود که انرژی کمیتی متصل است و تا وقتی منبع انرژی دارای ذخیره است، به بیرون می‌تراورد. در یک آتش سوزی، وقتی شیر شیلنگ آتش نشانی را باز می‌کنیم، آب به صورت پیوسته و دائمی به بیرون فوران می‌کند. این عمل تا آنجا که ذخیرهٔ منبع آب تمام نشده ادامه پیدا می‌کند. اگر این ذخیره مانند خورشید پایان‌ناپذیر و دائمی باشد، انرژی به صورت پیوسته بر سطح یا مثلا دیوار روبرو می‌تابد.

سخن پلانک یا «قانون اساسی» مکانیک کوانتوم چنین است: **انرژی کمیّت پیوسته نیست و تکّه تکّه یا بسته بسته حرکت می‌کند. نام هر تکه یا بسته یا واحد انرژی «کوانتوم انرژی» است.**

بیایم در کنار شیلنگ آتش نشانی که به دیوار روبرو آب را به صورت پیوسته می‌پاشد یک فرد مسلسل به دست در نظر بگیریم که به سمت دیوار شلیک می‌کند.

اگر سرعت شلیک مسلسل بالا باشد گلوله‌های داغ آن به نظر پیوسته می‌رسند اما گلوله‌ها پیوسته نیستند و بین هر دو گلوله یک فاصله هست. یعنی پس از آن که گلولهٔ اول با دیوار برخورد کرد، زمانی طول می‌کشد تا گلولهٔ دوم به دیوار برسد. هرقدر این زمان کوتاه باشد، در اصلِ مسأله که گلوله‌ها مجزا هستند تغییری ایجاد نمی‌کند. هر فشنگ مسلسل یک کوانتوم انرژی است. اگر فشنگ اول یک مقدار اثر داشته باشد فشنگ دوم دو برابر و فشنگ سوم سه برابر اثر خواهد داشت. پلانک به خاطر همین اکتشاف به پدر علم مکانیک کوانتوم مشهور گردید و در سال ۱۹۱۸ جایزهٔ نوبل فیزیک را از آن خویش کرد.

تا قبل از پلانک، مکانیک نیوتن تنها دستگاه توضیح دهندهٔ پدیده‌های طبیعی بود که در اندازه‌ها و سرعت‌های روزمره به خوبی کار می‌کرد و از عهده بر می‌آمد اما مکانیک نیوتن قادر به توضیح مسایل مربوط به جهان بی‌نهایت کوچک‌ها نبود و در هر زمینه‌ای کوتاه دست می‌ماند. نیاز به مکانیک مناسب برای بررسی داخل اتم از هر سو احساس می‌شد. مکانیک کوانتوم حرکتی انقلابی در جهت درک جهان اتمی و داخل اتم است. البته باید توجه داشت که در آن زمان هنوز ساختمان اتمی ماده به صورت امروزی کشف نشده بود و در عمل کشف مکانیک کوانتوم باعث کشف ساختمان داخلی اتم شد.

فرمولی که پلانک برای مقدار انرژی هر پرتابه یا گلولهٔ انرژی (هر فشنگ مسلسل) ارائه کرد بسیار ساده است. هنگامی که یک نور مشخص به صفحهٔ روبرو می‌تابد، مقدار انرژی هر گلوله برابر است با حاصلضرب نوسان آن نور در عدد ثابت.

این عدد ثابت به عدد پلانک معروف است و مقدار آن بسیار کوچک است و در دستگاه «متر – کیلوگرم – ثانیه» ۳۳ صفر بعد از ممیز دارد. ثابت پلانک پایهٔ همهٔ محاسبات بعدی کوانتوم مکانیک قرار گرفته است.

در سال ۱۹۰۹ دانشگاه کلمبیا نیویورک از او به عنوان پروفسور فیزیک نظری دانشگاه برلین برای سخنرانی و برگزاری کلاس‌های آموزشی دعوت کرد.

سخنرانی‌های او ترجمه شد و به چاپ رسید. در سال ۱۹۲۶ از تدریس دانشگاه برلین بازنشسته شد و اروین شرودینگر جای او را گرفت.

پلانک از محترم‌ترین دانشمندان آلمان و جهان است و یکی از بزرگ‌ترین مراکز فیزیک جهان به نام اوست. هر سال مدال این مؤسسه که در شأن و اعتبار، همسنگ جایزهٔ نوبل فیزیک است به یکی از فیزیک‌دانان بزرگ اهدا می‌شود.

اینشتین در مورد پلانک می‌گوید: **من از بزرگی پلانک چه می‌توانم بگویم؟ عظمت او چه نیازی به تأیید حقیرانهٔ من دارد؟ کاری که پلانک کرده نیرومندترین تکان را برای ترقی علم وارد کرده است. افکار او تا آن هنگام که علم فیزیک در جهان باقی است تأثیر خود را حفظ خواهد کرد.**

آلبرت اینشتین

Albert Einstein

۱۸۷۹ تا ۱۹۵۵

کشف فوتون نور – سال ۱۹۰۵ – جایزه نوبل ۱۹۲۱

نسبیت خاص ۱۹۰۵ – نسبیت عام ۱۹۱۵

اگر قرار باشد فقط از سه دانشمند بزرگ بین هزاران دانشمند طول تاریخ نام ببریم، **ارستو – نیوتن – اینشتین** جلوتر از سایرین قرار می‌گیرند.

اینشتین فیزیک‌ریاضی‌دان آلمانی است. در مورد زندگی و کار او هزاران صفحه مطلب نوشته‌اند و صدها کتاب و مقاله به چاپ رسانده‌اند. برای رعایت اختصار فقط به کار او در زمینهٔ کوانتوم مکانیک نگاهی می‌کنیم و نیم نگاهی نیز به نسبیت می‌اندازیم. اینشتین به اغلب احتمال، تأثیر گذارترین چهرهٔ قرن بیستم بود و کشف عظیم او در زمینهٔ هم ارزی جرم و انرژی پایهٔ اصلی اختراع بمب اتمی گردید که نقطهٔ پایانی جنگ دوم جهانی است. اینشتین در سال ۱۸۷۹ در آلمان در خانواده‌ای یهودی اما لیبرال به دنیا آمد. در بدو تولد سر بزرگ داشت که مادرش را نگران

می‌کرد. خیلی دیرتر از بچه‌های دیگر به حرف زدن افتاد. با آن که خانواده‌اش یهودی بود اما افراد در قید و بند مذهب نبودند و آلبرت به مدرسهٔ کاتولیک‌ها رفت. به خدا اعتقاد داشت اما به هیچ دین مشخص پابند نبود. مسلک او «همه خدائی» بود. مادرش علاقه داشت موسیقی‌دان شود به همین جهت او را تحت آموزش ویولن قرار داد. اینشتین تا آخر عمر ویولن خود را همراه داشت و گاه با ارکسترهای مجلسی کوچک می‌نواخت. در موسیقی به درجهٔ استادی نرسید اما خوش می‌نواخت. در پنج سالگی یک قطب نما هدیه گرفت که تخیلش او را به دور دست‌ها برد. چیزی آن بیرون هست که قطب نما را کنترل می‌کند. پدرش دچار مشکلات مالی شد و با خانواده به ایتالیا رفت اما آلبرت را به شبانه روزی گذاشتند تا درسش را تمام کند. در دبیرستان به دروس مدرسه بی‌علاقه بود. با ترفندی ترک تحصیل کرد و بدون گرفتن هیچ گونه مدرک تحصیلی دبیرستانی به ایتالیا رفت. خانواده‌اش او را به سوییس فرستادند تا تحصیلاتش را تمام کند. در سال ۱۸۹۶ در هفده سالگی دیپلم دبیرستان گرفت. در کنکور ورودی پلی تکنیک زوریخ مردود شد. سال بعد در امتحان ورودی قبول شد و توانست در سال ۱۹۰۰ از پلی تکنیک معروف زوریخ فارغ‌التحصیل شود. پس از پایان تحصیل در سال ۱۹۰۰ به تابعیت سوییس در آمد. دو ماه به عنوان معلم ریاضی تدریس کرد. پس از آن در ادارهٔ ثبت اختراعات سوییس استخدام شد. در سال ۱۹۰۵ تز دکترای خود را به دانشگاه زوریخ ارائه کرد و در مجلهٔ علمی معتبر و مشهور «ماهنامه فیزیک آلمان» به چاپ رساند که در نتیجه به دریافت درجهٔ دکترا در فیزیک نائل آمد.

اینشتین در پایان همان سال چهار مقالهٔ بسیار مهم دیگر در همان مجله به چاپ رساند که هر کدام از کشفیات عمدهٔ جهان فیزیک به شمار می‌آمد. این چهار مقاله برای همیشه نظرگاه انسان را نسبت به جهان تغییر داد.

۱ – حرکت ذرات کوچک معلق در مایعات ساکن.

۲ – نظریهٔ فوتون در نور.

۳ – نسبیت خاص.

۴ – هم ارزی جرم و انرژی.

البته تمام این مقالات با زبان ریاضی بیان شده است. در مورد مقالهٔ اول باید گفت یکی از مهم‌ترین تجربیاتی که به کشف امروزین اتم منجر شد توسط گیاه‌شناس اسکاتلندی، رابرت براون (۱۸۵۸ – ۱۷۷۳) انجام گردید. براون گرده‌های گل را روی آب پخش کرد اما هنگامی که با میکروسکپ نگاه کرد متوجه شد که گرده‌های بسیار ریز گل که بر سطح آب ریخته، تحت تأثیر نیرویی نامعلوم، بر سطح آب و در تمام جهات حرکت می‌کنند. حرکت براونی به معمایی تبدیل شد و بسیاری افراد روی آن کار کردند تا آن که در حدود هشتاد سال بعد اینشتین مسأله را با وضوح حل کرد: «**اتم‌ها به گرده‌ها ضربه می‌زنند و باعث حرکت آن‌ها می‌شوند**». این اولین تجربهٔ مستقیم اتمی محسوب می‌شود. تثبیت نهایی تئوری اتم به دست اینشتین انجام شد که در سال ۱۹۰۵ رابطهٔ ریاضی حرکت براونی را ارائه داد.

مشارکت اینشتین در مکانیک کوانتوم متهورانه است. نظریهٔ فوتون در نور که به قانون معروف به فوتوالکتریک ختم شد جایزهٔ نوبل فیزیک سال ۱۹۲۱ را برای او به ارمغان آورد. اگر چه اینشتین شهرت اصلی خود را از نسبیت‌های خاص و عام کسب کرده بود اما جایزهٔ نوبل فیزیک را به خاطر دست آوردش در زمینهٔ کوانتوم مکانیک به او دادند. نور از کوانتوم‌های نور یا انرژی تشکیل شده و این کوانتوم‌ها به نام فوتون است. یعنی نور از ذرات اولیه به نام فوتون به وجود می‌آید. طبق نظریهٔ پلانک، انرژی در واحدهای انفصالی می‌تابد. نور و هر موج الکترومغناتیس دیگر نیز به همین ترتیب عمل می‌کند. بعدها این کشف بزرگ، پایهٔ به وجود آمدن نظریهٔ فوتوالکتریک شد که یعنی: «**از نور می‌توان برق گرفت**».

نسبیت

گلوله‌ای که از تفنگ ساکن خارج می‌شود نسبت به‌ناظر ساکن دارای سرعت

خاصی است و درصورتی که تفنگ متحرک باشد حرکت آن در سرعت گلوله مؤثر است. چنین چیزی درمورد نور صادق نیست و در واقع تمامی تلاش‌های علمی که نشان دهد حرکت چشمهٔ نور در سرعت نور مؤثر است با شکست روبه‌رو شده است.

وقتی با شیوه‌های مختلف سرعت نوری را که از منبع متحرک به‌دست می‌آید اندازه‌گیری می‌کنیم به نتیجهٔ واحدی می‌رسیم. این پدیده بالاخره منجر به کشف سرعت حد گردید و نه تنها آن، که پایهٔ یکی از بزرگ‌ترین انقلابات همهٔ قرون و اعصار قرار گرفت، انقلاب نسبیت.

نسبیت در نخستین دههٔ قرن بیستم منتشر شد و از همان آغاز انتشار اثرات خارق‌العاده شدید آن روی تمامی جهان علوم به‌منصهٔ ظهور رسید. این تأثیر آن‌قدر شدید بود که شایعاتی را مبنی بر این که در سراسر گیتی، حتا ده نفر یا به روایتی حتا سه نفر نیز وجود ندارند که قادر به‌درک نسبیت باشند، بر سر زبان‌ها انداخت. نسبیت پرسروصداترین پدیدهٔ علمی تاریخ نوشته شدهٔ بشر بوده است.

امروزه، پس از گذشت یک قرن از عمر نسبیت و پس از فروکش کردن آن هیجانات عظیم، دیده می‌شود که مفهوم نسبیت، به‌مراتب ساده‌تر و منطقی‌تر از شایعات سال‌های اولیه است.

نسبیت یکی از کامل‌ترین دست‌آوردهای جهان بشری است. چنان که امروزه هیچ‌یک از شاخه‌های علوم و معارف بشری از نسبیت بی‌بهره نمانده‌اند. حتا هنرها نیز با بهره‌وری از این نظریه به‌تکامل بزرگی دست یافته‌اند به‌طوری که در هر کتابی که سعی در شناخت جریانات فکری بشر دارد ردپایی از نسبیت دیده می‌شود.

بیان اصلی نسبیت، بیان ریاضی و با کمک ریاضیات تانسورهاست که سال‌ها قبل از نسبیت کشف شده به‌تکامل رسید. این شاخه از ریاضیات به‌خاطر نحوهٔ خاص نگارش آن، به‌محققان اجازه می‌دهد پدیده‌های چندسویی را، هر اندازه بزرگ، به‌زیر مهمیز نظم کشیده روی آن‌ها محاسبات ضروری انجام دهند.

بیان فیزیکی نسبیت با زبان متداول‌تری صورت گرفته. اینشتین خود جز در

مقالات اولیه، هم‌واره، به‌ویژه در کتاب‌ها و سخن‌رانی‌ها، از این شیوه استفاده می‌کند. سخنان اینشتین مملو از آزمایش‌گاه‌های خیالی و ساعت‌های شماطه‌دار و خط کش‌های معمولی است. اینشتین اما، در نسبیت خاص با ترازو سر و کار ندارد.

فرض کنیم سوار یک اتوبوس هستیم و راننده به خط مستقیم از شهر دور می‌شود. ما روی صندلی عقب نشسته‌ایم و از پنجره عقب به ساعت برج شهرداری که وسط میدان شهر است نگاه می‌کنیم. عقربه‌های ساعت مثل همیشه به حرکات خود مشغولند. زمانی که ساعت شهرداری نشان می‌دهد با زمانی که ساعت مچی ما نشان می‌دهد یکسان است. راننده سرعت خود را زیادتر می‌کند. منظور از سرعت زیاد سرعت‌های قابل مقایسه با سرعت نور است. ما هنوز به ساعت برج وسط میدان شهر نگاه می‌کنیم و در کمال تعجب می‌بینیم که ساعت برج از ساعت ما عقب افتاده است. از آن‌جا که بابت درست کار کردن ساعت شهر مطمئن هستیم نتیجه می‌گیریم که نوری که از ساعت شهر به سمت ما می‌آید مدتی طول می‌کشد تا به ما برسد. اکنون راننده سرعت خود را به سرعت نور می‌رساند. ما که هنوز از شیشهٔ پشت به ساعت برج نگاه می‌کنیم متوجه می‌شویم که ساعت شهر به طور کامل توقف کرده است. نوری که از ساعت به سوی ما می‌آید با سرعت دور شدن اتوبوس یکسان است در نتیجه نور لحظهٔ بعد به ما نمی‌رسد. اگر اتوبوس سرعتش را کم کند متوجه می‌شویم که ساعت شهر به کار می‌افتد و ما حرکت عقربه‌های آن را می‌بینیم. به این ترتیب اتوبوسی که از میدان شهرداری راه می‌افتد هر چه تندتر حرکت کند ساعت شهرداری برای ما که داخل اتوبوس هستیم کندتر می‌شود در همین حال برای کسانی که در میدان شهر ایستاده‌اند ساعت به طور طبیعی کار می‌کند.

زمینهٔ تولد نسبیت آشفته و درهم ریخته است. مکانیک کلاسیک از عهدهٔ توضیح همهٔ پدیده‌ها برنمی‌آید. معادلهٔ ماکسول در فیزیک کلاسیک گرفتار و سردرگم شده. محاسبات عادی، درجهٔ حرارت یک اجاق هیزمی معمولی را بی‌نهایت نشان می‌دهد. مکانیک نیوتن ـ لاپلاس در توضیح بسیاری از پدیده‌های نجومی

کوتاه دست مانده است و خلاصه در تمامی زمینه‌های علوم، اوضاع آشفته و نابه‌سامان به‌نظر می‌رسد.

در جهان علوم، شرایط متشابه با روزگاری است که نیوتن، با مکانیک نوین آن زمان، بساط از کارافتاده و فرتوت کلاسیک را جمع می‌کند. در بین این گرفتاری‌ها یکی از آن‌ها قابل تکیهٔ مضاعف است. تحقیق جالب مایکلسون ـ مورلی که بر عدم وجود اتر دلالت می‌کند. امروزه این مسأله برای ما که با مفهوم «خلاء» آشنایی داریم و فرضیهٔ اتر از ذهن‌مان پاک شده چندان مهم جلوه نمی‌کند اما زدودن اندیشهٔ اتر به‌تلاش زیادی نیاز داشت.

اینشتین یک تنه به‌رفع بخش عظیمی از کوه مشکلات اقدام کرد. همان‌گونه که دکارت برای شروع از صفر آغاز کرد، اینشتین نیز با سوآلات بسیار پایه‌ای و به‌ظاهر بدیهی سروکار داشت. مسائل کلی او به «سادگی» عبارت بودند از فضا، زمان، جرم، انرژی، جاذبه و نور. البته این سوآلات به‌این صورت طبقه‌بندی نشده در دل هرکدام نیز سوآلات دیگری خفته است. اینشتین با وضع نظریهٔ نسبیت، به هوش‌مندانه‌ترین وجهی قادر به‌توضیح بسیاری از مشکلات می‌شود. اینشتین به جاذبه در نسبیت عام می‌پردازد.

در توضیح نسبیت آشنایی با تعاریف برخی مفاهیم اولیه ضروری است، از جمله مهم‌ترین آن‌ها باید از سه مقولهٔ مهم «**حادثه**» و «**اطلاعات**» و «**ناظر**» نام برد. دو اتومبیل در نزدیکی ما با یک‌دیگر تصادف می‌کنند، صدای این تصادف سوار بر امواج صوتی به سوی ما حرکت می‌کند، به‌گوش ما می‌رسد و ما را از وقوع آن مطلع می‌کند. تصادف دو اتومبیل **حادثه** است، صدای این تصادف، **اطلاعات** مربوط به‌این حادثه و گوش ما **ناظر** است.

از آن‌جا که چشم مهم‌ترین گیرنده است، در فیزیک تمامی اطلاعات رسیده از هر نوع، چه سمعی و چه به‌شیوه‌های دیگر، به‌صورت نظارت بصری بیان می‌شود.

فرض کنیم به دور دو اتومبیل و خودمان یک خط منحنی بسته کشیده‌ایم، اکنون

مثال تصادف اتومبیل‌ها را می‌توان خلاصه و ساده کرد، تصادف دو اتومبیل = حادثه، صدای تصادف (صوت) = محمل اطلاعاتی، گوش ما = ناظر. این مجموعه را در منحنی محصور کرده و آن را سیستم بسته می‌نامیم و از بقیهٔ جهان جدا می‌کنیم.

خطی که به‌دور این مثال کشیده شده آن را محدود می‌کند. در واقع کل ماجرا به سیستمی بسته تبدیل شده که از نظرگاه ما از جهان جدا شده است. این سیستم از نظرگاه ناظری که داخل سیستم قرار دارد تمامی جهان است چراکه این خط اجازهٔ انتقال هیچ‌چیز حتا اطلاعات را از خارج به‌سیستم یا از سیستم به‌خارج نمی‌دهد. بنابراین سیستم فوق به‌عنوان مثال دارای یک ناظر بوده و هرگز نه به‌تعداد آن اضافه و نه از آن کم می‌شود. این همهٔ جهان است.

در داخل یک منحنی بسته حادثه‌ای رخ می‌دهد و اطلاعات آن به ناظر داخلی سیستم می‌رسد. پس ما که بیرون ایستاده‌ایم چه کاره‌ایم؟ هیچ. اگر سیستم بسته باشد ما که بیرون قرار گرفته‌ایم با آن‌ها که داخل هستند هیچ نوع ارتباطی نمی‌توانیم برقرار کنیم. یعنی ما برای آن‌ها وجود نداریم. همان‌گونه که آنان برای ما.

حادثه‌ای که در زمان و مکان مشخصی مانند لحظه و مکان تصادف در داخل سیستم رخ می‌دهد در زمان و مکان مشخص دیگری مورد شناسایی ناظر قرار می‌گیرد. فرض کنیم این اختلاف زمانی ۲ دقیقه باشد یعنی رسیدن اطلاعات به ناظر ۲ دقیقه طول بکشد.

آیا برای ناظر و در سیستم بستهٔ فوق و در زمان وقوع تصادف حادثه‌ای رخ داده است؟ نه حادثه‌ای رخ نداده. آیا در زمان ۱+ دقیقه حادثه‌ای رخ داده است؟ نه، هنوز حادثه‌ای رخ نداده است. فقط در زمان ۲+ است که ناظر از وقوع حادثه مطلع شده با در اختیار داشتن سرعت سیر و جهت ورود اطلاعات می‌تواند درک کند که در زمان مشخص «۲ دقیقه قبل» حادثه‌ای در مکان مشخص «تصادف» رخ داده بود و به‌اندازهٔ ۲ دقیقه طول کشیده است تا اطلاعات به‌او برسد.

به‌این ترتیب می‌بینیم که در یک سیستم بسته، اصولا تا قبل از زمان رسیدن

اطلاعات، سوآل درمورد حوادث زمان‌های بین وقوع حادثه و دریافت اطلاعات بی‌معنی هستند. این سوآلات نمی‌توانند به‌وجود بیایند و به وجود هم نمی‌آیند.

اکنون نوبت حرکت است. همه جای طبیعت، حتا در دل سنگ، حرکت هست. حوادث در جهان دائما در حال وقوع‌اند. الکترون‌ها دائما به‌دور هسته‌ها می‌گردند. ذرات کوچک داخل اتم دائما آزاد می‌شوند. منظومه‌های خورشیدی دائما در حرکت‌اند هم‌چنین کَهکِشان‌ها نیز دائما متحرک‌اند. کَهکِشان‌ها دارای چندین نوع حرکت‌اند که دوتای آن از بقیه مهم‌تر است. اول حرکت چرخشی کَهکِشان به‌دور خود دوم حرکت دور شوندهٔ کَهکِشان‌ها از یك‌دیگر. روی کرهٔ کوچک زمین نیز سکون معنایی ندارد و هر چیز دستخوش انواع حرکت است. حرکت خاصیت ذاتی جهان است.

روزگاری بشر واژهٔ سکون را به‌اشتباه به‌کار گرفت و خود را دچار دردسرهای نظری فراوان کرد. ساکن معنایی ندارد، در نتیجه متضاد آن «دائما متحرک» نیز معنایی ندارد، آن‌چه هست متحرک است منتها اگر دو جسم دارای حرکات عینا یک‌سان فرض شوند در آن صورت آن دو جسم نسبت به‌یک‌دیگر ساکن خوانده می‌شوند. نظریهٔ احتمالاتی حرکات ذرات درونی اتم قادر به‌پذیرفتن چنین فرضی جز در کوتاه مدت نیست.

می‌توان تمامی حرکات را مطابق الگوی مثال قبل مجزا کرده مورد مطالعه قرار داد. به‌هرحال هرحادثه روی محیط اطراف خود تاثیر می‌گذارد، یا تولید صدا کرده، یا نور از خود منتشر می‌کند یا . . .

به‌طور کلی «محمل‌های اطلاعات» یکی از چهار شق جاذبه، الکترومغناتیس، هسته‌ای یا رادیواکتیو است. حادثهٔ سقوط سیب بر سر نیوتن به‌ناظر درونی (لامسهٔ نیوتن)، توسط محملش جاذبه خبر داده می‌شود. حادثهٔ طلوع خورشید توسط امواج الکترومغناتیس یا نور به ناظر (چشم) اطلاع داده می‌شود.

جهان، مجموعهٔ یک سری حادثه است که به‌وسیلهٔ محمل‌های اطلاعاتی

بـــه‌ناظران اطـلاعات (خـبر) مـی‌دهد. ایـن نـاظران چشـم‌ها، گـوش‌ها و وسـایل اندازه‌گیری هستند. می‌توان ناظر را یک سیستم گیرنده با قـدرت درک اطـلاعات واصـــله در نـظر گـرفت. بـه‌عنوان مـثال مـی‌توان یک رصـدخانهٔ مشـخص را بـا رادیوتلسکوپ و کامپیوتر و ابزارها و عوامـلش بـه‌عنوان نـاظری در سـیستم بسـتهٔ مطالعاتی در نظر گرفت.

نکتهٔ مهم این که هم‌واره «زمان» با «مکان» می‌آید. اصولا به‌کـار بـردن واژهٔ «زمان‌مکان» یا «فضازمان» یا به‌زعم بسیاری واژهٔ «جای‌گاه» به‌جای فضا و زمان، از دست‌آوردهای نسبیت است و این به‌خاطر جدایی ناپذیری ملغمهٔ فضازمان است.

حادثهٔ شناخته شده‌ای در زمان‌مکان مشخصی رخ داده است، مثلا فرض کنیم یک انفجار خورشیدی در تاریخ و ساعت مشخص یا در لحظهٔ معینی در ابر ماژلان رخ داده است، آیا اطلاعات این حادثه دقیقا در همان زمان در نقطهٔ دیگری از فضا، مثلا روی زمین موجود است؟ خیر. نیست.

بیاییم در مورد سریع‌ترین محمل اطلاعاتی سخن بگوییم. در مورد نور. روزگاری بود که انتشار نور در فضا «آنی» تصور می‌شد یا به‌عبارت دیگر با سرعت بی‌نهایت. در آن صورت پذیرفته می‌شد که اطلاعات هم‌زمان، در دو نقطهٔ A و B موجود است. البته این مسأله هم‌واره این طور تصور نشده است و گالیله با شیوهٔ خاصی که برای اندازه‌گیری سرعت نور برگزیده بود نشان داد که سرعت نور را به‌مراتب کم‌تراز آن‌چه هست تصور می‌کرده است.

نور با سرعت خارق‌العاده‌ای حرکت می‌کند ولی در هر صورت بـرای طـی هـر سیصدهزار کیلومتر از فضا به‌یک ثانیه از زمان احتیاج دارد. وقتی انفجار خورشیدی در کَهکِشانی که از ما ۱۷۰ هزار سال نوری فاصله دارد رخ می‌دهد در واقع ۱۷۰ هزار سال طول می‌کشد تا اطلاعاتش به ما برسد. یعنی هم‌اکنون که مـا بـا تـلسکوپ مشغول دیدن انفجار هستیم و انفجار دقیقا جلو چشمان ما رخ می‌دهد ما به حادثه‌ای مربوط به ۱۷۰ هزار سال پیش خود می‌نگریم.

ما عادت کرده‌ایم آن‌چه را هم‌اکنون با چشمان خود می‌بینیم مربوط به زمان حال بدانیم. این از روی کرهٔ زمین و در فواصل کوتاه مشکلی ایجاد نمی‌کند اما وقتی به پدیده‌های بزرگ می‌نگریم متوجه قضیه می‌شویم.

فرض کنیم هم‌اکنون منجمی روی سیاره‌ای که با ما ۵۰۰ سال نوری فاصله دارد نشسته است و با تلسکوپی قوی به ما می‌نگرد. آن‌چه او می‌بیند جنگ‌های صلیبی است. برای او، ما در قرون وسطی و در حال سوزانیدن جوردانو برونو در آتش مقدس هستیم. اما برای خودمان چه؟

اگر او برای جلوگیری از این جنایت فجیع گوشی تلفن را بردارد و به ما زنگ بزند زنگ تلفنش ۵۰۰ سال دیگر به صدا در می‌آید. آیا تلفن او با فایده است و ما در سال ۲۵۰۰ میلادی جوردانو را نخواهیم سوزاند؟

نتیجه این که برای محاسبهٔ ناهم‌زمانی A و B باید فاصلهٔ مکانی دو نقطه را در اختیار داشت. یعنی زمان مطلق وجود ندارد.

فرض کنیم که در جهان فقط حادثهٔ A و ناظر B و فاصلهٔ بین آن دو و نور و یک ساعت وجود دارد. حادثهٔ A در ساعت ۳ رخ می‌دهد و خبر آن در ساعت ۴ به B می‌رسد، تکلیف ساعت‌های ۳/۱۰ و ۳/۵۰ و سایر زمان‌های مابین چیست؟

در این ساعات اطلاعات به‌سوی B در حرکت است اما هنوز به او نرسیده. بسیار اهمیت دارد که همین‌جا دریابیم که در این ساعات بینابینی B هنوز از وقوع حادثه در A خبر ندارد زیرا هنوز اطلاعات حادثه به او نرسیده است.

البته «ما» از وقوع حادثه خبر داریم اما ما داخل سیستم نیستیم و فقط داریم به عنوان ناظر نهائی سیستم را از بالا یا از بیرون می‌نگریم.

درباره ساعت سه و نیم چه بگوییم؟ در داخل سیستم آیا حادثه‌ای رخ داده است یا نه؟ اگر بگوییم رخ داده است، خود را به‌عنوان ناظر وارد سیستم بسته کرده‌ایم که این خلاف فرض اولیهٔ آزمایش است و اگر بگوییم رخ نداده است باز هم خلاف فرض است.

طبیعی است که این مسأله درمورد ساعت‌های قبل از ۳ و بعد از ۴ تبدیل به‌ماجرای زندگی روزمره می‌شود. در ساعت قبل از ۳ هیچ حادثه‌ای رخ نداده است. لحظه‌ای بعد از ساعت ۴ ناظر B می‌داند که یک ساعت قبل در فلان فاصله فلان حادثه رخ داده است، ولی در ساعت سه و نیم به‌تناقضی می‌رسیم که نمی‌توانیم از آن خارج شویم.

در پیش‌فرض‌هامان چیست که چندان اطمینان‌بخش نیست؟ پیش‌فرضی که در این قسمت مسأله نقش مهمی بازی می‌کند حرکت محمل اطلاعاتی در فضازمان است. به قلب مسأله توجه کنیم. فرض کنیم در دو نقطهٔ A و B در فضا دو حادثه رخ می‌دهدو اطلاعات هر دو حادثه در تمام جهات منتشر می‌شود.

به‌این ترتیب می‌بینیم که چیزی به‌نام زمان، مستقل از فضا یا فضا مستقل از زمان وجود ندارد. این همان چیزی است که آن را «زمان‌مکان» یا «فضازمان» می‌نامیم. در واقع جهان ما یک ملغمهٔ «فضازمان» است. همان‌گونه که سربالایی پله با سرازیری آن ازدواجی ابدی کرده‌اند، زمان و فضا نیز درهم ادغام گشته‌اند.

آیا جرم هم مانند حرکت جزو خواص ذاتی جهان است؟

بیاییم سعی کنیم جهان خالی از جرم را تصور کنیم. اگر چنین جهانی بتواند وجود داشته باشد ما چه‌گونه می‌توانیم به‌وجود آن‌وقوف حاصل کرده، خواص آن را شناخته و احیانا در کوچه باغ‌های آن پرسه زنیم؟!

طبق معمول برای این کار حداقل به‌دو عامل احتیاج داریم:

۱ – محمل اطلاعاتی

۲ – ناظر

مطالعهٔ وضع ناظر مسأله را روشن می‌کند. اگر ناظر خارج از جهان قرار گیرد با تعریف جهان به‌عنوان «دربرگیرنده» در تناقض قرار می‌گیرد و اگر در داخل جهان قرار گیرد، جهان خالی نیست.

به راستی ما چه‌گونه به‌جهان خالی خواهیم اندیشید در حالی که خود ما، به‌عنوان

اندیشنده یا ناظر در جهان حضور داریم؟

این تناقض نشان می‌دهد که تصور جهان خالی محال و جرم نیز از خواص حتمی و ذاتی جهان است. بدون جرم، حرکت نیست و بدون حرکت حادثه نیست. بدون حادثه، مکان یا فضانیست. بدون فضا، زمان و بالاخره اطلاعات وجود نخواهد داشت. جهان هم‌واره پر بوده است و به‌سهولت می‌توان نشان داد که امکان تخلیه به‌عدم نیز وجود ندارد و جهان هم‌واره پر خواهد ماند.

از آن‌جا که جهان فعلی پر است، برای داشتن جهان خالی باید بتوان جهان کنونی را به‌عدم تخلیه کرد. برای این کار به‌مکانیزم یا ماشینی نیاز است که بتواند جهان را از کار انداخته، خرد کرده و «نابود» کند. در این تحول، زمانی خواهد رسید که «ماشین نابودکننده» باید شروع به‌تخریب خود کرده و خود را به‌دیار عدم بفرستد. در تحول «خودنابودی» ماشین از کار می‌افتد و بقیهٔ آن در جهان باقی خواهد ماند. تحصیل جهان خالی نیز محال است.

جهان خالی وجود ندارد و نمی‌تواند وجود داشته باشد، عدم ممکن نیست همان‌گونه که سکون هم ممکن نیست. جهان مملو از فضازمان است و جز آن نمی‌تواند که باشد. مکان، زمان، جرم، انرژی، حادثه، اطلاعات، محمل اطلاعاتی، ناظر و... از خواص حتمی جهان هستند و نمی‌شود پاک‌کن برداشت و هیچ‌یک از آن‌ها را حذف کرد. به‌این ترتیب می‌توان گفت که فضا و زمان و انرژی و ماده و اطلاعات، هیچ کدام به‌تنهایی وجود ندارد، ملغمه‌ای از آن‌ها وجود دارد که سراسر جهان را پر کرده و این ملغمه در هر منطقه یک «صورت غالب» دارد.

تمامی این تفکرات با نام نسبیت خاص فرموله شده است. البته به‌ضرورت ساده کردن مطلب، ترتیب تاریخی این کشفیات در این‌جا رعایت نشده است.

جاذبه در نظریهٔ نسبیت عام مورد گفت‌گو قرار گرفته. فرض کنیم ناظری در یک محفظهٔ سربسته در یک ترن قرار دارد. این محفظه به‌صورتی است که هیچ‌گونه صدا یا نور به‌آن داخل نمی‌شود. بنابراین ناظر قادر به‌دیدن خارج از محفظه نیست. حال

فرض کنیم که این ترن با سرعت یک‌نواخت روی مسیر مستقیم در حال حرکت است و این حرکت در مسیری که از نظر تغییرات رادیواکتیویته یکسان است انجام می‌گیرد.

در این وضعیت ناظر چه‌گونه قادر به‌تشخیص حرکت خود می‌شود؟

این ناظر قادر به‌تشخیص حرکت خود نیست. از چهار شکل نیروهای الکترومغناتیس، هسته‌ای، جاذبه و رادیواکتیو، ما راه ورود اطلاعات هسته‌ای و الکترومغناتیسی را بر او بسته‌ایم، در ضمن تغییرات رادیواکتیو نیز انجام نمی‌گیرد، اگرچه ما هیچ‌گونه راه ورود اطلاعات جاذبه‌ای را بر او نبسته‌ایم، با این وصف ناظر از حرکت خود بی‌اطلاع می‌ماند.

البته برای دقیق‌تر کردن آزمایش شاید لازم بشود هوای داخل ترن را تخلیه کرده در حد نهایی ناظر را در فضای بین کَهکِشان‌ها سوار چنین ترنی کنیم. در هر حال ناظر در نهایت نبوغش و با داشتن کلیهٔ دستگاه‌های علمی ممکن از حرکت خود بی‌اطلاع می‌ماند. او هیچ راهی برای درک این حرکت ندارد. حرکت یک‌نواخت در شرایط ناظر تغییری ایجاد نمی‌کند. کمیت جاذبه مهم نیست تغییراتش مهم است.

حال فرض کنیم که ترن شروع به‌حرکت جانبی عجیبی، مثلا حرکتی در جهت «چرخ‌ها به‌سوی سقف» کند و این حرکت متشابه‌التغیر تندشونده با شتاب ۹/۸۱ متر بر مجذور ثانیه باشد، یعنی به‌سرعت آن در هر ثانیه ۹/۸۱ متر بر ثانیه اضافه گردد. چه اتفاقی می‌افتد؟

نخست ناظر به‌کف ترن می‌افتد. سپس می‌تواند روی پای خود ایستاده وزن خود را احساس کند. دقیقا به‌همان صورتی که روی زمین احساس می‌کرد.

ناظر از کجا می‌تواند بداند که داخل ترن متحرک است یا روی سطح زمین قرار گرفته؟

راهی برای این کشف در اختیار ناظر نابغه وجود ندارد. عمل‌کرد نیروی جاذبه با

عمل‌کرد حرکات شتاب‌دار یکسان است و این به‌اصل هم‌ارزی معروف شده است. در این‌جاست که اینشتین در نهایت قدرت اعلام می‌کند که **در دنیا چیزی به‌نام جاذبه وجود ندارد.** ترازو لازم نیست.

این حرف که کفر محض بود، سیل را به‌سوی لانهٔ مورچگان نیوتنی سرازیر کرد و باعث مقاومت‌های بسیار شد. حرف‌های دیگر را شاید می‌شد به‌نوعی تحمل کرد، ولی نبودن جاذبه؟ این دیگر محال است.

حرف اینشتین اما، چندان هم محال نبود. او ساختمان دیگری را به‌جای ساختمان جاذبه‌ای نیوتنی ارائه کرد که به‌مراتب بهتر از آن قادر به‌توضیح پدیده‌های طبیعی می‌گردد.

حرکاتی که ما به‌نام حرکات جاذبه‌ای می‌شناسیم در واقع حرکات سرسره‌ای هستند که به‌خاصیت هندسی ـ فیزیکی زمان‌مکان بستگی دارند.

در مواقعی که بخواهند میوهٔ توت را از درخت جدا کنند معمولاً چند نفر یک چادرشب بزرگ را زیر درخت گرفته و از هر سو می‌کشند تا سطحی وسیع و صاف ایجاد کنند. یک نفر شاخه‌ای را که توت روی آن است و پارچه زیر آن گرفته شده می‌تکاند. اگر در نظر بگیریم که این تکانیدن خفیف است و با سرعت کم انجام می‌شود، در اولین مرحله، جرم‌های کوچک توت در تمام سطح پارچه به‌طور یک‌سان پخش می‌گردند. اگر در همین حالت از زیر پارچه به‌آن نگاه کنیم دیگر از یک سطح صاف خبری نیست بل‌که فضا (پارچهٔ چادر شب) آبله‌رو یا Lumpy شده است.

به‌تدریج که تکاندن درخت ادامه پیدا می‌کند، دانه‌های توت به‌یک‌دیگر نزدیک‌تر شده تا جایی که در وسط پارچه یک وزنهٔ سنگین شامل تعداد زیادی توت ایجاد می‌گردد. در این حالت هرچه بیش‌تر توت بتکانیم توت‌ها در سایر نقاط پارچه توقف نکرده به‌سوی جرم اصلی سرازیر می‌شوند. هرقدر جرم اصلی بزرگ‌تر گردد، گودی اطرافش بیش‌تر شده سرسره‌ای که در اطراف آن ایجاد شده بیش‌تر می‌شود. در چنین حالتی سرعت سر خوردن دانه‌های توت نیز بیش‌تر می‌شود. اگر «فضا ـ

زمان» را چادرشب و جرم را دانه‌های توت در نظر بگیریم، هر جرمی فضای اطراف خود را گود می‌کند. مقدار گودی متناسب با مقدار جرم است. به‌این ترتیب نزدیک شدن اجرام به‌یک‌دیگر به‌هیچ عنوان مربوط به‌نیرویی مرموز نبوده بل‌که از نوع سُر خوردن هندسی است.

این فقط تئوری یا آزمایش ذهنی نیست. صحت این سخن نه تنها بارها به‌اثبات رسیده که میوه‌های با ارزشی نیز به‌بار آورده است، فی‌المثل درمورد مسالهٔ محاسبهٔ مدار سیارهٔ عطارد.

از سال‌ها قبل حرکت مرموز عطارد منجمان را آزار می‌داد زیرا نمی‌شد حساب کرد که چرا عطارد روی مدار ثابت نمی‌چرخد. قانون نیوتن ـ لاپلاس قادر به‌توضیح چنین پدیده‌ای نبود. با کمک نسبیت و در مدت کوتاهی این حرکت محاسبه شد و معلوم گردید که عطارد در هر لحظه همان‌جاست که با روابط ریاضی نسبیت محاسبه‌شده است.

نکتهٔ دیگر به‌شیوهٔ حرکت نور مربوط می‌شود که برای قرن‌های متمادی فکر بشر را به‌خود مشغول داشته در نهایت همگان پذیرفته بودند که نور به‌خط مستقیم طی طریق می‌کند. از نظر اینشتین اما، حرکت مستقیم‌الخط نور، در زمان‌مکان آبله‌رو، با عقل سلیم نمی‌خواند.

درست مثل این‌که اتومبیلی را در نظر بگیریم که در جاده‌های سنگلاخ و پر از دست‌انداز و در کوهستان‌ها و دره‌ها، مستقل از محمل اصلی‌اش که جاده باشد به‌خط مستقیم برود. قاعدتا نور نیز بایستی تحت تاثیر دست‌اندازها و سرسره‌های ایجاد شده از جرم قرار گیرد.

به‌مثال پارچه و توت بازگردیم و فرض کنیم که یک تیلهٔ بسیار سبک روی این پارچه قرار داده و آن را حرکت بدهیم. اگر تیله به‌حد کافی از جرم دور باشد مسیری نسبتا مستقیم را طی خواهد کرد، ولی اگر مسیر آن در نزدیکی جرم قرار گیرد، قاعدتا باید انحرافی نشان دهد.

این مسأله که بیش‌تر به‌خیال‌پردازی شباهت داشت چنان درذهن اینشتین به‌واقعیات بدل گردید که به تردید و انتقاد اطرافیان به‌هیچ عنوان وقعی ننهاد و به‌مرحلهٔ بعدی کار خود مشغول گردید. برای او، مسأله تمام شده بود. به‌همین جهت وقتی که منجمین عملی، مدت‌ها بعد، درکسوف کاملی سخن اینشتین را تجربه کرده در کمال تعجب صحت سخن او را دریافتند و به‌سویش دویدند تا خبر موفقیت نظریه‌اش را به‌او بدهند، اینشتین به‌سادگی گفت: من می‌دانستم و احتیاج به‌دلیل نداشتم، دلیل را به‌کسانی ارائه کنید که نیازمند آنند.

موضوع انحراف نور به‌سادگی از این قرار است که اگر نور در مجاورت جرم منحرف می‌شود، باید نور ستارگان دوردست که به‌غلط به‌ثوابت معروفند، هنگام گذشتن از کنار خورشید منحرف شوند، که در این صورت ستاره تغییر مکان مجازی (قابل اندازه‌گیری) خواهد داد. حتا اگر چنین هم باشد، درخشش شدید خورشید مانع رویت و اندازه‌گیری پدیده می‌گردد. اما در یک خورشیدگرفتگی کامل، انحراف نور ستارهٔ پشت خورشید قابل اندازه‌گیری است.

انحراف نور در مجاورت جرم مسالهٔ مهم دیگری را پیش می‌کشد. می‌دانیم که نور یک موج الکترومغناتیس است و بیش‌تر خواص آن چیزی را دارد که ما به‌آن انرژی می‌گوییم. اگر نور و انرژی در بازی سرسره شرکت می‌کنند در واقع باید انرژی و ماده از یک خمیرمایه باشند.

اینشتین در سال ۱۹۰۵ ندا در داده بود که جرم و انرژی نیز هر دو از یک خمیرمایه و قابل تبدیل به‌یک‌دیگرند. او تنها به‌این بسنده نکرد و ارتباطی نیز برای این تبادل به‌دست داد که مشهورترین رابطهٔ فیزیک‌ریاضی است و اینشتین شهرت غلط خود را به‌عنوان پدر بمب اتمی از آن‌جا آورده است.

مسالهٔ دیگر وابستگی زمان با سرعت و جرم است. فرض کنیم که ناظر الف با یک ساعت و یک خط کش و ناظر ب با یک ساعت و یک خط کش دیگر، ساعت‌شان را میزان کرده و خط کش‌هاشان را دقیقا اندازه گرفته ببینند که همهٔ

شرایط‌شان یک‌سان است. حال فرض کنیم که یکی از این دو ناظر مثلا الف به‌حرکت درآمده و سرعت خود را در هر لحظه افزایش دهد، ولی ناظر ب در جای خود (مثلا روی کرهٔ زمین) ساکن بماند.

هر اندازه که سرعت الف بیش‌تر می‌شود ناظر ب با ناراحتی شاهد کوچک‌تر شدن خط‌کش ناظر الف و کند شدن ساعت او می‌شود. این کوچک شدن خط‌کش و کند شدن ساعت با سریع‌تر شدن سرعت مسافرت تندتر می‌شود. فرض کنیم سرعت مسافرت نزدیک به‌سرعت نور باشد. ناظر الف پس از یک «روز» به‌یاد می‌آورد که چیزی را روی زمین جا گذاشته است و به‌زمین بازمی‌گردد اما در کمال تعجب مشاهده می‌کند که در عرض این یک «روز» هزاران سال از عمر کرهٔ زمین گذشته هزاران سال است که ناظر ب از بین رفته است. در جهان فیزیک برای این حالت یک ضرب‌المثل به‌وجود آمده است: «ساعت‌های متحرک کندتر حرکت می‌کنند».

کند شدن ساعت‌های متحرک، خیال‌بافی نبوده در پژوهش‌های تجربی به‌اثبات رسیده است. آزمایش‌های کندی و تندی زمان با استفاده از ساعت‌های اتمی انجام می‌گیرد.

برای بررسی وضع حرکت ساعت‌ها در میدان‌های گرانشی و تحت تاثیر شتاب حرکت از ساعت‌های اتمی استفاده می‌شود. ساعت اتمی بر پایهٔ حرکت اتمی مولکول‌ها کار می‌کند، به‌عنوان مثال در مولکول آمونیاک یا NH_3 اتم ازت در وسط سه اتم هیدروژن یک نوسان دائمی دارد. در دنیای میکروسکپی، نوسانات اتم‌ها دارای منظم‌ترین حرکات هستند به‌این جهت می‌توان از آن‌ها برای ساختن ساعت‌های دقیق استفاده کرد.

استفاده از ساعت‌های اتمی در آزمایش‌گاه‌های فیزیک و نجوم سراسر دنیا متداول است. مثلا یک ساعت اتمی در واشنگتن قرار دارد که به‌عنوان «مادرساعت» کار کلیهٔ ساعت‌های آمریکا را کنترل می‌کند.

در یک آزمایش که با دو ساعت اتمی انجام شده است، یک ساعت را روی زمین و ساعت دیگر را داخل هواپیمایی که با سرعت کم فقط یک‌بار اوج گرفته، از زمین دور شده سپس به‌زمین نشسته، قرار داده‌اند. اندازه‌گیری زمان در روی دو ساعت کسر بسیار کوچکی از صدم ثانیه (ولی هنوز به‌قدر کافی بزرگ و قابل اندازه‌گیری) تفاوت بین زمان اندازه‌گرفته شدهٔ دو ساعت مسافر و ساکن را نشان داده است.

جالب این‌جاست که مقدار اختلاف دقیقا معادل همان مقداری است که با نظریهٔ نسبیت محاسبه‌شده بود.

در آزمایش دوم یک ساعت اتمی را سوار جمبوجت کرده و دور دنیا پرواز دادند. مقدار اختلاف زمان اندازه‌گیری شده توسط این ساعت با ساعتی که در نیویورک روی زمین قرار داشت دقیقا همان مقدار بود که با تئوری نسبیت محاسبه گردیده بود.

این تفکرات که به‌نام نسبیت فرموله شده است، تمامی برداشت‌های ما را از جهان تغییر می‌دهد. از یک طرف فضا و زمان به‌تنهایی وجود ندارند و به‌جای آن یک «فضازمان» مشترک موجود است، از سوی دیگر جرم و انرژی هر دو در عمل یک چیز هستند و از طرف دیگر «فضازمان» و جرم با یک‌دیگر پیوستگی دارند. سرسره‌های این جهان جای جاذبهٔ بین اجرام را گرفته‌اند.

از آن‌جا که هیچ پدیده‌ای در جهان، اعتباری مستقل از محمل اطلاعاتی و ناظر ندارد، هر حکمی در هر دست‌گاهی باید همراه با «اطلاعات» مربوط به‌ابزارهای اندازه‌گیری و «معیارهای» این اندازه‌گیری باشد.

آجرهای ساختمان جهان ما ملغمهٔ مکان، زمان، جرم، انرژی و اطلاعات است. وقتی به «حادثه» و «اطلاعات» و «ناظر» می‌اندیشیم به نظر می‌رسد مسالهٔ اصلی «ناظر» است که شاید اصلی‌ترین دروازهٔ ورودی این ملغمه باشد. در حال حاضر، ناظر، انسان است. اینشتین می‌گوید: **دو چیز بی‌نهایت است. جهان پهناور و حماقت بشر. اما من در مورد اولی مطمئن نیستم.**

نیلز بور

Niels Bohr

۱۸۸۵ تا ۱۹۶۲

کشف مدل اتمی - سال ۱۹۱۳ - جایزه نوبل ۱۹۲۲

نیلز بور فیزیک‌ریاضی‌دان دانمارکی است. پدرش پروفسور فیزیولوژی دانشگاه کپنهاگ بود. با آن که در خانوادهٔ یهودی به دنیا آمد اما والدینش توافق کردند که بچه‌ها مسیحی تربیت شوند. از علاقه‌مندان فوتبال بود. برادرش در تیم ملی بازی می‌کرد و خودش در تیم‌های محلی دروازه‌بان می‌شد.

پس از پایان دبیرستان در ۱۹۰۳ در ۱۸ سالگی در دانشگاه کپنهاگ در رشتهٔ فیزیک ثبت نام کرد. در دانشگاه علاوه بر فیزیک، در سایر رشته‌های مورد علاقه‌اش، نجوم، ریاضیات و فلسفه نیز درس خواند. در دوران تحصیل دانشگاهی خوش درخشید. با آن که دانشگاه کپنهاگ در آن زمان در رشتهٔ فیزیک امکانات چندانی نداشت اما نیلز توانست از امکانات آزمایشگاه پدرش استفاده کرده و محاسبات کشش سطحی مایعات را با دقت انجام دهد و جایزهٔ نخست یک مسابقهٔ علمی را به دست آورد.

در سال ۱۹۰۹ با درجهٔ کارشناسی ارشد فارغ‌التحصیل شد. در سال ۱۹۱۱ رسالهٔ دکترایش مورد قبول واقع شد و در ۲۶ سالگی به دریافت درجهٔ دکترای فیزیک نائل گردید.

از زندگی خصوصی او همین قدر بگوئیم که یکی از فرزندانش «آگه بور» فیزیکدان شد و در سال ۱۹۷۵ جایزهٔ نوبل فیزیک را برد.

ارنست رادرفورد دانشمند نیوزیلندی (۱۹۳۷-۱۸۷۱) که به تابعیت انگلستان در آمد. استاد دانشگاه منچستر بود و یکی از فیزیکدانان بزرگ آزمایشگاهی به شمار می‌آمد. در سال ۱۹۰۸ جایزهٔ نوبل برد. گفته‌اند همه چیز از آزمایشگاه رادرفورد در دانشگاه منچستر شروع شد. بور در منچستر در آزمایشگاه رادرفورد کار می‌کرد.

رادرفورد مدل اتمی خود را ارائه داده بود اما نیلزبور که با سمت دستیار با او کار می‌کرد فکر بهتری به خاطرش رسید که باعث شهرت اصلی او شد.

دست‌آورد اصلی بور، ارائهٔ مدل اتمی در سال ۱۹۱۳ بود. بور پس از ارائهٔ اولین نظریه‌اش در این مورد، مدت‌های طولانی سفر کرد، با دانشمندان ردهٔ اول جهان به تبادل نظر پرداخت و مدل اتمی خود را کامل‌تر کرد. پس از دیدار با همهٔ بزرگان و انجام همه‌گونه تحقیقات، به بیان خودش «پیام‌آور کتاب مقدس الکترومغناتیس» شد.

تشریح پیشرفت‌های گام به گام نیلز بور در ارائهٔ مدل اتمی در حجم کتاب حاضر مقدور نیست. اینجا فقط بگوئیم که در مدل اتمی بور، الکترون‌ها حول هستهٔ اتم در مدارهای مختلف و متحدالمرکز می‌گردند. روی هر مدار چند الکترون قرار دارد. هنگامی که یک الکترون از یک مدار به مدار دیگر می‌جهد، مقداری انرژی آزاد می‌شود. مقدار این انرژی و ارتباطش با کوانتوم نور یا فوتون جزو بحث‌های انجام شدهٔ نیلز بور است. بور همچنین نشان داد که آرایش الکترون‌ها خواص شیمیایی عناصر را به وجود می‌آورند. بور دست‌آوردهای فراوان دیگری نیز در زمینهٔ مکانیک کوانتوم و فیزیک اتمی ارائه کرد.

هنگام ترسیم مسیر حرکت متحرکی مانند مورچه بر روی صفحه، یک منحنی خواهید کشید، اما اگر صفحه شطرنج باشد و شما بازی شطرنج را می‌نویسید چه؟ دیگر چه اهمیتی دارد که بازیکن وقتی مهره را از یک خانه برداشت آیا آن را تا ارتفاع سرش بالا می‌آورد یا روی پیشانی می‌گذارد یا تند و قاطع حرکت می‌دهد؟ چگونه مهره را از یک خانه به خانهٔ دیگر می‌برد اهمیت ندارد، فقط خانهٔ مبدأ و مقصد اهمیت دارند. در کوانتوم مکانیک شما با چنین ماجرایی سر و کار دارید. الکترون از مدار ۲ به مدار ۳ می‌جهد (یا بر عکس) در این راه مقداری انرژی آزاد (یا مصرف) می‌شود.

نیلز بور شخصیت اصلی کوانتوم مکانیک است. امروزه کمتر کسی او را

می‌شناسد. اما برای آشنایی با شهرت عالمگیرش در آن زمان بگویم که اینشتین بارها نیلزبور را در مقاطع مختلف ستوده. از جمله: **بور، ایـن انسـان احسـاساتی ظریف و دارای خرد هوشمندانه، چگونه توانست مهم‌ترین قانون پوستهٔ الکترونی اتم را کشف کند. این عالی‌ترین هم‌آهنگی تفکر و ادراک، برای من در حکم معجزه است.**

نیلز بور در سال ۱۹۲۲ جایزهٔ نوبل فـیزیک را بـه خـاطر ارائـهٔ مـدل اتـمی و پیشرفت‌های مکانیک کوانتوم دریافت کرد.

لویی دوبروی

Louis de Broglie

۱۸۹۲ تا ۱۹۸۷

مکانیک موجی - سال ۱۹۲۴ - جایزه نوبل ۱۹۲۹

لویی دوبروی فیزیک‌ریاضی‌دان فرانسوی است. در خانواده‌ای اشرافی به دنیا آمد. لقب «دوک» داشت. هرگز ازدواج نکرد. در سال ۱۹۱۰ از دانشگاه سوربن پاریس لیسانس تاریخ گرفت. در شروع جنگ اول جهانی ۱۹۱۴ به خدمت ارتش در آمد و در مخابرات رادیوئی مشغول کار شد. پس از جنگ در اثر علاقه به ریاضیات و فیزیک در آن رشته‌ها به تحصیل پرداخت. در سال ۱۹۲۴ رسالهٔ دکترای فیزیک به دانشگاه سوربن ارائه کرد و به درجهٔ دکترای فیزیک نائل آمد.

لویی دوبروی متوجه شد همراه با هر ذرهٔ مادی، یک موج نیز حرکت می‌کند. او توانست خاصیت موجی بودن ذرات را کشف و فرموله کند که در سال ۱۹۲۴ به جهان ارائه شد و توانست به بسیاری از ابهامات که گریبان کوانتوم مکانیک را گرفته بـود پاسخ گوید و باعث شد جایزهٔ نوبل سال ۱۹۲۹ را به او تقدیم کنند.

ذرّات اتمی هم خاصیت مادی هم خاصیت موجی از خود نشان می‌دهند.

دوبروی در انستیتو هانری پوانکاره وابسته به دانشگاه سوربن پروفسور فیزیک

نظری شد و تا سال ۱۹۶۲ که بازنشسته شد آن‌جا ماند.

ولفگانگ پاولی

Wolfgang Pauli

۱۹۰۰ تا ۱۹۵۸

کشف اصل طرد – سال ۱۹۲۵ – جایزه نوبل ۱۹۴۵

فیزیک‌ریاضی‌دان اتریشی متولد وین است. اجدادش از یهودیان ساکن پراگ بودند. پدرش تغییر دین داد و به مذهب کاتولیک گروید. ولفگانگ پاولی نهایتا کلیسا را ترک کرد و به عنوان یک صوفی خداباور اما بدون دین مشخص شناخته شد. پاولی در سن ۱۸ سالگی دبیرستان را در وین با درجهٔ ممتاز تمام کرد.

دو ماه بعد از پایان دبیرستان نخستین مقالهٔ خود را در بارهٔ نسبیت عام آلبرت اینشتین منتشر کرد. سپس به آلمان رفت و برای خواندن فیزیک‌ریاضی به دانشگاه لودویگ ماکسیمیلیان مونیخ وارد شد. پاولی در سال ۱۹۲۱ در سن ۲۱ سالگی موفق به گرفتن مدرک دکترا در فیزیک گردید. تز دکترای پاولی بررسی اوضاع کوانتومی هیدروژن دو اتمی بود.

استاد راهنمای پاولی از او خواست که تئوری نسبیت عام اینشتین را برای چاپ در دائرةالمعارف علوم ریاضی مورد بررسی و تشریح قرار دهد. پاولی دو ماه پس از پایان دکترا این مقاله را کامل کرد. این مقاله در ۲۳۷ صفحه نوشته شده بود. اینشتین این مقاله را تأیید کرد. مقاله جداگانه چاپ شد و تا همین امروز جزو مراجع اصلی شناسایی نسبیت عام اینشتین به شمار می‌آید.

پاولی به گوتینگن رفت و یک سال آنجا ماند سپس به انستیتو فیزیک تئوری کپنهاگ رفت و با نیلز بور به کار تحقیقاتی مشغول شد. از سال ۱۹۲۳ تا ۱۹۲۸ در دانشگاه هامبورگ به تدریس کوانتوم مکانیک پرداخت. در این مدت دست‌آوردهای متعدد در زمینهٔ کوانتوم مکانیک داشت.

در سال ۱۹۲۸ با سمت پروفسور فیزیک نظری به تدریس در پلی‌تکنیک زوریخ مشغول شد و به تحقیقات ادامه داد. در سال ۱۹۳۱ استاد مدعو دانشگاه میشیگان شد و در سال ۱۹۳۵ به انستیتو تحقیقات پیشرفته دانشگاه پرینستون پیوست.

ولفگانگ پاولی در سال ۱۹۲۵ اصل طرد یا انحصار را کشف کرد که بر مبنای آن توانست در سال ۱۹۳۰ وجود ذره‌ای به نام نوترینو را پیش بینی کند.

پاولی علاقهٔ چندانی به انتشار نظرات خود نداشت و ترجیح می‌داد با دوستان نزدیکش از جمله بور و هایزنبرگ به مباحثه بپردازد. بعدها بسیاری از نظرات پاولی که در نامه‌های او به دوستانش مطرح شده بود منتشر شد.

هنگامی که در سال ۱۹۵۶ ذره نوترینو عملا در آزمایشگاه پیدا شد و خبر این کشف را به پاولی دادند گفت طبیعت می‌داند چگونه به کسانی که بلدند صبر کنند، جایزه بدهد.

اصل طرد

این نخستین سرشاخهٔ رفتار غریب ذرات داخل اتم و مکانیک کوانتوم است. ذرات داخل اتم دارای چهار عدد کوانتومی هستند که شناسنامهٔ ذرات به شمار می‌رود. هرگز نمی‌توان دو ذره با شماره شناسنامهٔ یکسان داشت. اصل طرد تفاوت‌های اتمی عناصر مختلف جدول مندلیف را توضیح می‌دهد.

تعمیم این بحث در فلسفهٔ فیزیک به جاهای غریب می‌کشد. فرض کنیم دو الکترون در داخل اتم دارای اعداد کوانتومی مختلف هستند یعنی شمارهٔ شناسنامهٔ متفاوت دارند. اکنون شمارهٔ شناسنامهٔ یکی را با تحریک خارجی مثل مالش تغییر می‌دهیم تا شبیه به دیگری شود، در این صورت الکترون دوم خود بخود و آناً تغییر حالت می‌دهد و دارای اعداد کوانتومی جدید می‌شود. این سبب می‌شود الکترون سوم که قبلا دارای این شماره شناسنامهٔ آخری بوده تغییر حالت بدهد و دارای شماره شناسنامهٔ جدید بشود الی آخر... و از این بحث نتیجه می‌شود هر حرکتی در هر

کجای دنیا باعث تغییر آنی در همه جای دنیا می‌شود.

آجرهای این جهان ملغمه‌ای از مکان – زمان – جرم – انرژی – اطلاعات است. به صورت سنتی می‌توان گفت مکان و زمان و جرم و انرژی کمیّات منفصل است اما از اصل طرد پاولی می‌توان نتیجه گرفت که «اطلاعات» متصل است. این همان است که به تله پاتی و هیپنوتیزم امکان حضور می‌دهد. اصل طرد پاولی را «مخفی‌ترین راز خدا» هم نامیده‌اند. اینشتین که با تمام مکانیک‌کوانتوم مخالف بود در سال ۱۹۳۵ با انتشار مقاله‌ای به مخالفت برخاست که به آن خواهیم پرداخت. فعلا همین قدر بگوئیم که اینشتین با همهٔ عظمتش در مقابل فوران مکانیک‌کوانتوم کم آورده بود.

ولفگانگ پاولی در سال ۱۹۴۵ جایزهٔ نوبل فیزیک را دریافت کرد.

اروین شرودینگر

Erwin Schrodinger

۱۸۸۷ تا ۱۹۶۱

کشف معادلهٔ موج – سال ۱۹۲۶ – جایزه نوبل ۱۹۳۳

فیزیک‌ریاضی‌دان اتریشی است. خانواده‌ای مرفه داشت. در سال ۱۹۰۶ برای خواندن فیزیک نظری وارد دانشگاه وین شد. در سال ۱۹۱۰ دکترای فیزیک گرفت. در جنگ بین‌الملل اول در سال‌های ۱۹۱۴ تا ۱۹۱۸ افسر توپخانه بود و در ارتش اتریش خدمت کرد. با پایان جنگ به وین بازگشت. مدتی در دانشگاه ینا تدریس کرد سپس برای تدریس به پلی‌تکنیک زوریخ رفت.

در نیمهٔ اول سال ۱۹۲۶ با بهره‌گیری از کار دوبروی موفق به کشف معادلهٔ موج شد که از کشفیات بزرگ فیزیک‌ریاضی در میدان کوانتوم مکانیک بود و به خاطر همین کشف در دوایر علمی به شهرت عالمگیر رسید و از آن پس تأثیر عمیق بر پیشرفت مکانیک‌کوانتوم داشت. در این معادله ارتباط بین انرژی ساطع شده و

حرکت الکترون مشخص می‌شود.

با اکتشافات دوبروی و شرودینگر، اینشتین که با کوانتوم مکانیک مشکل پیدا کرده بود نفس راحت کشید.

در سال ۱۹۲۷ برای جانشینی پلانک به برلین رفت. در آن زمان پایتخت آلمان مرکز علم جهان بود. پس از آن که هیتلر در ۱۹۳۳ به قدرت رسید به انگلستان رفت و در دانشگاه آکسفورد مشغول تدریس شد. در سال ۱۹۳۳ جایزهٔ نوبل فیزیک را مشترکا با پل دیراک دریافت کرد.

در سال ۱۹۳۴ برای تدریس در پرینستون از او دعوت به عمل آمد اما شرودینگر نپذیرفت. در سال ۱۹۳۶ برای تدریس در دانشگاه گراتس دعوت شد و چون در کشور خودش اتریش بود پذیرفت. پس از اشغال اتریش در ۱۹۳۸ به ناگزیر و به سرعت به ایتالیا گریخت. پس از مدت‌ها دربدری در نهایت به دوبلین پایتخت ایرلند رفت و مدیر بخش فیزیک نظری انستیتوی مطالعات پیش‌رفته در دوبلین شد و تا زمان بازنشستگی در ۱۹۵۵ آن‌جا ماند.

یکی از پایه‌های شهرت شرودینگر پارادوکس گربه است که مورد علاقهٔ اینشتین بود.

ورنر هایزنبرگ

Werner Heisenberg

۱۹۰۱ تا ۱۹۷۶

کشف اصل عدم قطعیت – سال ۱۹۲۷ – جایزه نوبل ۱۹۳۲

فیزیک‌ریاضی‌دان آلمانی و یکی از مهم‌ترین چهره‌های مکانیک کوانتوم و دانش جهان است که بر مبنای کار عظیم او فلسفهٔ معاصر شکل گرفته است. پدرش دبیر زبان‌های کلاسیک بود. در سال ۱۹۲۰ وارد دانشگاه لودویگ ماکسی‌میلیان مونیخ شد و پس از دو سال به دانشگاه گوتینگن برای خواندن ریاضیات نزد هیلبرت

رفت. در سال ۱۹۲۳ در سن ۲۲ سالگی دکترا گرفت و تز خود را در ۱۹۲۴ در گوتینگن گذراند.

استاد راهنمایش که از علاقهٔ هایزنبرگ به کارهای نیلز بور اطلاع داشت در سال ۱۹۲۲ او را به «فستیوال بور» در گوتینگن برد. در این مراسم خود نیلز بور استاد مدعو بود و سخنرانی مفصلی در مورد مکانیک کوانتوم انجام داد. هایزنبرگ در اینجا با بور ملاقات کرد که تأثیر عمیقی روی او گذاشت.

تز دکترای هایزنبرگ در مورد «توربولان» یا «جریان مغشوش» بود. هایزنبرگ به استادانه‌ترین وجهی طبیعت جریان مغشوش را مورد بررسی قرار داد. در این مورد لطیفهٔ مشهوری هست.

روزی پلانک و اینشتین و هایزنبرگ به‌آن دنیا رفتند و نگهبان دوزخ و برزخ و بهشت یا نگهبان پل صراط یا آن آقایی که آن‌جاست (روایت مذهبی‌اش را کار نداریم چون در همهٔ ادیان و مذاهب کم و بیش چنین مفهومی را داریم) آن آقا هرکه هست سر راه این عزیزان را می‌گیرد و به آنان می‌گوید:

«اگر شما سه نفر مکانیک کوانتوم و نسبیت و جریان مغشوش را برای من به‌زبان ساده بگوئید که حتا من هم بفهمم به‌بهشت می‌روید در غیر این صورت به‌جهنم».

پلانک گفت: مفاهیم و معادلات مکانیک کوانتوم را هیچ کس نمی‌فهمد فقط همه پس از مدتی به آن عادت می‌کنند. در این صورت «فهماندن» قضیه به شما خیلی مشکل است اما شاید غیرممکن نباشد.

اینشتین گفت: من هم ادعای فهماندن به‌هر کسی را کرده‌ام و گفته‌ام فقط هنگامی موضوع علم خود را به درستی دریافته‌ای که بتوانی به کوچه بروی و به اولین کسی که به طور تصادفی برخورد

می‌کنی مطلب را حالی کنی. بنابراین حتا در این حالت مشکل هم سعی خود را می‌کنم.

هایزنبرگ گفت: فرمودید راه جهنم از کدام طرف است؟

از سال ۱۹۲۴ تا ۱۹۲۷ به عنوان دستیار در دانشگاه گوتینگن به کار و تدریس مشغول شد. از یک مرخصی استفاده کرد و از سپتامبر ۱۹۲۴ تا ماه مه ۱۹۲۵ با بورس بنیاد بین‌المللی راکفلر به دانشگاه کپنهاگ رفت تا با بور کار کند. او در سال ۱۹۲۵ در گوتینگن توانست مکانیک کوانتوم را با ریاضیات ماتریس بنویسد. مکانیک کوانتوم ماتریسی هایزنبرگ، شروع نگاه جدید ریاضی به داخل اتم است که تا امروز هم ادامه دارد. در ریاضیات معمولی:

(الف × ب) مساوی است با (ب × الف)

اما در ریاضیات ماتریس رابطهٔ بالا برقرار نیست و جز در حالت خاص:

(الف × ب) مساوی نیست با (ب × الف)

همین امر، نهایتا هایزنبرگ را به کشف عجیب‌ترین پدیدهٔ مکانیک کوانتوم رهنمون شد.

از اول ماه مه ۱۹۲۶ رسما در دانشگاه کپنهاگ با سمت دستیار بور مشغول کار و تدریس شد. در سال ۱۹۲۷ در کپنهاگ «**اصل عدم قطعیت**» را کشف کرد. اولین بار در نامه‌ای که به دوستش ولفگانگ پاولی نوشت خبر این موفقیت را داد و او را وارد جزئیات ریاضی عدم قطعیت کرد.

هایزنبرگ پس از آن در دانشگاه‌های لایپزیک و برلین و مونیخ تدریس کرد و به دست‌آوردهای متعددی نائل آمد. هایزنبرگ اگر چه مسیحی بود اما پس از روی کار آمدن آدولف هیتلر در سال ۱۹۳۳ روزنامه‌ها به هایزنبرگ به عنوان «یهودی سفید» حمله کردند.

برای بررسی اصل عدم قطعیت باید از ساختمان داخلی اتم در زمان هایزنبرگ شروع کنیم. اتم دارای یک هستهٔ مرکزی است که الکترون‌ها به دور آن می‌گردند.

هر الکترون دارای جرم اندک و سرعت ویژه است. حاصلضرب جرم در سرعت را ممنتم یا تکانه می‌نامیم. اگر یک الکترون خاص را در نظر بگیریم می‌بینیم که دارای دو مشخصهٔ مکان و تکانه است.

مکان، جای الکترون را در لحظه نشان می‌دهد و تکانه بیش‌تر معرف سرعت الکترون است. اکنون برای ما دو سوآل اساسی مطرح است: اول این که در این لحظه الکترون کجاست؟ یعنی ما می‌خواهیم مکان الکترون را بدانیم. سوآل دوم این که اوضاع حرکت الکترون چیست؟ یعنی ما می‌خواهیم بدانیم تکانهٔ الکترون چه مقدار است؟ یا این که الکترون در این لحظه با چه سرعتی حرکت می‌کند؟

اصل عدم قطعیت می‌گوید ما هرگز نمی‌توانیم به هر دو این سوآل‌ها با دقت کامل پاسخ بگوییم. اگر بتوانیم با دقت بگوئیم کجاست نمی‌توانیم با دقت بگوئیم با چه سرعتی حرکت می‌کند و اگر بگوئیم با چه سرعتی حرکت می‌کند نمی‌توانیم بگوئیم کجاست. هرقدر به یکی از دو سوآل بالا دقیق‌تر جواب بدهیم میزان تقریب پاسخ سوآل دیگر بیش‌تر می‌شود.

هایزنبرگ اندازهٔ این تقریب را محاسبه کرد که مقدار آن بر حسب عدد بسیار کوچک پلانک است. هایزنبرگ دست‌آورد بزرگ دیگری نیز دارد. او نشان داد که هر «مشاهده» در پدیدهٔ مورد مشاهده تغییر ایجاد می‌کند. هایزنبرگ با این کشف بزرگ مرز نهائی دقت مشاهده را نمایان کرد.

فیزیکدان‌ها برای پرهیز از بحث قدیمی و حساسیت برانگیزِ «آیا خدا هست یا نیست؟» و وارد نشدن به جنبه‌های ادیان مختلف، به‌وجوه فلسفی بحث می‌پردازند: آیا جهان دترمینیست است یا استوکاستیک؟ دترمینیسم یعنی جبری، یعنی از پیش برنامه ریزی شده. استوکاستیک یعنی احتمالاتی، یعنی تصادفی. وجه دیگر این بحث: انسان مجبور است یا مختار؟

دترمینیست‌ها به «نظم» می‌رسند. برای آنان جهان منظم است. و هر نظمی ناظم می‌خواهد. وظیفهٔ فیزیکدان دترمینیست کشف برنامهٔ اولیهٔ مدیریت جهان

است. ناظم چه برنامه‌ای برای ادارهٔ امور دارد؟

گروه استوکاستیک به بی نظمی می‌رسند. در تصادف و شانس هر چیزی ممکن است اما احتمال وقوع «نظم» از هر احتمال دیگری کمتر است. از بین میلیاردها میلیارد احتمال رخداد، یک و فقط یک رخداد می‌تواند منظم باشد، که احتمال وقوع آن نزدیک به صفر است، و احتمالا به کوچکی عدد پلانک است، الباقی امور همه نامنظم‌اند.

همهٔ اندیشه‌های پایدار به یکی از این دو موضع تعلق دارند. هر موضعگیری دیگر و از جمله «نمی‌دانم» اگر صادقانه باشد ناپایدار است. اکثریت انسان‌ها به موضع «نظم» تعلق دارند که نهایتا خداباور هستند. بین این خداباوران اکثریت دین باورند و فقط اقلیت کوچکی مانند زکریای رازی و اینشتین ضمن خداباوری دین باور نیستند. اقلیت انسان‌ها به نظم اعتقاد ندارند و نهایتا خداناباورند، بور و دیراک از این دسته‌اند. کسانی که می‌گویند خداناباورند اما به نظم اعتقاد دارند، خداباورند اما خودشان خبر ندارند.

کنفرانس ۱۹۲۷ سلوای

ارنست سُلوای (Solvay) شیمی دان بلژیکی (۱۹۲۲–۱۸۳۸) است. از سال ۱۹۱۱ یک سری کنفرانس در شهر بروکسل پایتخت بلژیک برگزار کرد که به کنفرانس سلوای معروف است. مشهورترین کنفرانس مربوط به سال ۱۹۲۷ با شرکت غول‌های کوانتوم مکانیک مانند اینشتین و بور و هایزنبرگ و سایرین است. در عکسی که از این کنفرانس به یادگار مانده چهره‌های اینشتین، پلانک، مادام کوری، نیلزبور، دوبروی، شرودینگر، پاولی، هایزنبرگ، دیراک و دیگران قابل تشخیص است.

اینشتین دترمینیست بود و اعتقاد داشت جهان هدفمند است و یک برنامهٔ از پیش نوشته شده دنیا را به سوی هدف خود می‌رانَد. به «نظم» اعتقاد داشت و هر

نظم به ناگزیر یک «ناظم» می‌خواهد. به بیان الهیاتی اینشتین به وجود خدا باور داشت. اینشتین آخرین فیزیکدان بزرگ کلاسیک است. به علیّت یا اصل «علت و معلول» معتقد است و هیچ نوع توجیه خارج از علیت را نمی‌پذیرد. به بیان خودش «خدا با جهان شیر یا خط بازی نمی‌کند».

هنگامی که دوبروی نشان داد الکترون دارای خاصیت «ذرّه‌ای – موجی» است، اینشتین بسیار شادمان شد و آن را به عنوان مقالهٔ نجات بخش در نظر گرفت زیرا دیگر نیازی به فرضیات عجیب و غریب کوانتوم مکانیسین‌های محفل دانمارک نبود و می‌شد انتظار توضیح پدیده‌ها به صورت سنتی را داشت. هنگامی که شرودینگر معادلهٔ موج را نوشت، اینشتین احساس کرد به هدف خود رسیده است. اکنون می‌توان بدون نیاز به فرضیات و محاسبات دیوانه‌وار اصحاب کپنهاگ به جهان مألوف فیزیک نگریست.

از آن سو اصحاب مکتب کپنهاگ بی کار ننشسته بودند و بور، پاولی، هایزنبرگ و دیراک در جهان ناشناختهٔ اتم به شدت پیش می‌تاختند و بر این باور بودند که مکانیک کوانتوم، تمام مکانیک نیوتن را کنار خواهد زد. کشفیات غریب وقایع داخل اتم با اصل طرد پاولی، عدم قطعیت هایزنبرگ و معادلات آماری دیراک، حیرت‌انگیزترین دریچهٔ جهان را به روی بشر گشوده بود. متفکران به آن نام‌هایی چون «رازآلود» و «اسرارآمیزترین پدیده» و مانند آن داده بودند.

پس از آن که مکانیک کوانتوم تا اصل عدم قطعیت و مکانیک آماری جلو رفت، اینشتین گوشه کنایه را کنار گذاشت و رسما وارد میدان عمل و مبارزه شد. در سال ۱۹۲۷ در بروکسل میدان جدال آماده شد، از یک سو پهلوان اینشتین در رأس سپاهی متشکل از دوبروی و شرودینگر و دیگران که امروزه آنان را فیزیکدانان محافظه کار کلاسیک می‌نامند و از سوی دیگر غول کوانتوم مکانیک، نیلز بور، باگروه پاولی، هایزنبرگ، دیراک یعنی فیزیکدانان انقلابی، وارد میدان شدند.

اینشتین و بور رو در روی هم قرار گرفتند. هایزنبرگ که خودش در این نبرد

شرکت داشت یکی از خواندنی‌ترین گزارش‌های آن را بدون ورود به جزئیات ریاضی بحث‌ها آورده است:

بنا بر درخواست بنیاد سولوای در سال ۱۹۲۷ کنگره‌ای متشکل از پیشروترین متخصصان شرکت می‌کردند که می‌خواستند دربارهٔ مسایل نظریهٔ کوانتوم به تفصیل صحبت کنند. همهٔ ما در یک هتل اقامت داشتیم. بحث سر میز غذا در هتل، نه در تالار کنفرانس، شدت می‌گرفت. اینشتین و بور کانون همهٔ بحث‌ها بودند. اینشتین اصلا نمی‌خواست نظریهٔ کوانتومی جدید را که از بن سرشت آماری داشت بپذیرد...جمله‌ای که ما بارها در این گفتگوها از او شنیدیم این بود که «خدا با جهان تاس بازی نمی‌کند» بنابراین بی‌رودربایستی از پذیرفتن اصل عدم قطعیت سر باز می‌زد و سعی می‌کرد در عالم فکر مواردی بیابد که این اصل صادق نباشد.

اینشتین می‌گفت «خدا با جهان تاس بازی نمی‌کند» و این اصل مسلم او بود و به کسی اجازه نمی‌داد که در این اصل شک کند. نیلز بور در جواب او می‌گفت «ما وظیفه نداریم برای خدا در اداره کردن جهان تعیین تکلیف کنیم».

گفتگو معمولا از سر میز صبحانه شروع می‌شد و اینشتین آزمایش ذهنی جدیدی را که فکر می‌کرد به طور قطعی اصل عدم قطعیت را رد خواهد کرد جلو ما می‌گذاشت.

ما همان جا تحفهٔ جدید را امتحان می‌کردیم و در راه تالار کنفرانس، که من هم معمولا اینشتین و بور را همراهی می‌کردم، بعضی از نکات آن را روشن می‌کردیم و در بارهٔ مناسبات آن‌ها به بحث می‌پرداختیم. بعد در طول روز در بارهٔ موضوع بیش‌تر بحث می‌کردیم و معمولا سر شام به جایی می‌رسیدیم که نیلز بور به

اینشین ثابت می‌کرد که حتی این آخرین آزمایش او هم نمی‌تواند لرزه در بنیان اصل عدم قطعیت بیفکند. اینشتین کمی ناراحت می‌شد اما صبح روز بعد با یک آزمایش خیالی دیگر، پیچیده‌تر از آزمایش قبلی، سر می‌رسید و پیش بینی می‌کرد که این آزمایش حتما بی اعتباری اصل عدم قطعیت را ثابت خواهد کرد. اما شب که می‌شد معلوم شده بود که آزمایش جدید هم دست کمی از آزمایش قبلی ندارد.

بعد از چند روز، دوست اینشتین، پاول اهرن‌فست Paul Ehrenfest فیزیک‌دان اهل لیدن هلند گفت: «اینشتین! من به جای تو خجالت می‌کشم. استدلالات تو در برابر مکانیک کوانتومی جدید شبیه استدلالاتی است که مخالفانت در ردّ نظریهٔ نسبیت می‌کنند». اما این سرزنش هم ناشنیده ماند...

اینشتین در این مبارزه شکست خورد اما تا آخر عمر دست از اعتقادات خود بر نداشت. او تا آخر معتقد بود بنیان «مکانیک کوانتوم احتمالاتی مکتب کپنهاگ» بالاخره تغییر خواهد کرد.

پل دیراک

Paul Dirac

۱۹۰۲ تا ۱۹۸۴

کشف ضد ماده و احتمالات – سال ۱۹۲۸ – جایزه نوبل ۱۹۳۳

ریاضی‌فیزیک‌دان انگلیسی است. پدرش سوییسی فرانسه زبان بود که در انگلستان زبان فرانسه تدریس می‌کرد. مادرش انگلیسی بود. برادرش در جوانی خودکشی کرد که بر روی پل دیراک تأثیر عمیق گذاشت. در سال ۱۹۲۱ در ۱۹ سالگی در رشتهٔ مهندسی برق از دانشگاه بریستول فارغ التحصیل شد. در سال

۱۹۲۳ لیسانس دوم خود را در رشتهٔ ریاضی از دانشگاه بریستول گرفت و به دانشگاه کمبریج رفت.

در کمبریج به نسبیت عام علاقه‌مند شد و دکترای خود را در کوانتوم مکانیک به انجام رساند. سپس برای تحقیقات به کپنهاگ و به گوتینگن رفت. پس از چندی به کمبریج بازگشت و به تدریس ریاضیات پرداخت و تا سال ۱۹۶۹ و زمان بازنشستگی در کمبریج ماند. سپس به آمریکا رفت و استاد برجستهٔ مدعو در زمینهٔ تحقیقات فیزیک نظری در دانشگاه ایالتی فلوریدا شد و تا پایان حیات آن‌جا ماند.

اینشتین را بیش از پدر خود دوست می‌داشت و به گفتهٔ همسرش، پل دیراک در طول عمرش فقط یک بار گریه کرد و آن هم موقعی بود که خبر مرگ اینشتین را شنید. در تصویری که از کنفرانس سُلوای ۱۹۲۷ از جمع فیزیک‌دانان منتشر شده، دیراک درست پشت سر اینشتین ایستاده است.

کار بسیار مهم دیراک رسیدن به معادله‌ای است که امروزه به معادلهٔ دیراک معروف است و بر مبنای آن می‌شد وجود «ضد ذره» را پیش‌گوئی کرد. ذره‌ای به نام «پوزیترون» یا الکترون مثبت که همان الکترون شناخته شدهٔ قبلی بود ولی این بار به جای بار منفی، بار الکتریسیتهٔ مثبت داشت. آن را ضد ذره یا ضد الکترون نیز نامیده‌اند زیرا در هر «ملاقات» با الکترون جرقه می‌زنند و هر دو «از بین می‌روند»! دیراک به خاطر این کشف در سال ۱۹۳۳ جایزهٔ نوبل فیزیک را مشترکا با اروین شرودینگر دریافت کرد. جالب این‌جا بود که پیش‌گوئی سال ۱۹۲۸ دیراک در سال ۱۹۳۲ به حقیقت پیوست و پوزیترون مشاهده شد.

معادلهٔ دیراک خاصیت آماری – احتمالی کوانتوم را نمایش می‌دهد. جهان دیراک استوکاستیک است. دیراک جزو چهره‌های بسیار تأثیرگذار دنیای کوانتوم مکانیک بود و با تمام چهره‌های معروف از جمله هایزنبرگ، بور، اینشتین و سایرین بحث‌های مهم فلسفی داشت. در تحلیل نهایی، ساختار طبیعت بر مبنای شانس و احتمال استوار است. دیراک می‌گوید: **معادله‌ام بیش‌تر از من می‌داند.** معادلهٔ دو

جوابی دیراک به ضد ماده دلالت می‌کند.

یک کور مادر زاد می‌تواند تمام قوانین فیزیکی و معادلات ریاضیات اپتیک یا «نورشناسی» را بیاموزد و بداند اما او کوچکترین تصوری از نور نخواهد داشت و رنگ‌های گل‌های بهار برای او دست نایافتنی است. هنگامی که از کوانتوم و اتم حرف می‌زنیم مانند آن کور مادرزادی هستیم که ریاضیات آموخته‌ایم. در گذشته می‌خواستند به «حقیقت طبیعت» دست یابند، بعدها از این جاه‌طلبی دست برداشتند و به «توضیح طبیعت» قانع شدند. امروز معلوم شده نه تنها «حقیقت» از نظر ما وجود ندارد و نمی‌تواند وجود داشته باشد بلکه حتا «توضیح» نیز از دسترس ما دور است و ما فقط می‌توانیم کورمال کورمال و دست بر دیوار چند گامی طی طریق کنیم و به قول عمرخیام افسانه‌ای بگوئیم و در خواب بشویم.

در مکانیک کوانتوم چیزی به نام «حقیقت» وجود ندارد. اکنون واژهٔ «حقیقت» با واژهٔ «فایده» یا مفید بودن یا ثمر بخشی جایگزین شده است. دیگر سوآل این نیست که آیااین «گزاره» حقیقت دارد؟ مسأله این است که آیا این «گزاره» مفید است؟

انریکو فرمی

Enrico Fermi

۱۹۰۱ تا ۱۹۵۴

کشف واکنش رادیو اکتیو – سال ۱۹۳۰ – جایزه نوبل ۱۹۳۸

فیزیک‌دان ایتالیائی است. در هر دو زمینهٔ فیزیک نظری و فیزیک تجربی به بالاترین درجات رسید. در رُم به دنیا آمد. پدرش یکی از مدیران راه‌آهن و مادرش معلم مدرسهٔ ابتدائی بود. خانواده‌اش مذهبی نبودند و انریکو فرمی «ندانم گو» یا «لاادری» بار آمد.

از کودکی به فیزیک و ریاضیات علاقه‌مند شد. در سال ۱۹۱۸ در ۱۷ سالگی دبیرستان را به پایان رساند. در همین سال در کنکور ورودی بسیار دشوار دانشگاه

ساپینزا (sapienza) رُم شرکت کرد. در این امتحان ضمن حل مسائل دشوار، یک مقاله نیز باید می‌نوشت. عنوان مقالهٔ امتحان «مشخصات ویژهٔ صوت» بود. فرمی خودآموخته بود و بسیار بیش از سایر دیپلمه‌های دبیرستان می‌دانست. او با چنان مهارتی این مقاله را نوشت و با شیوه‌های پیشرفته ارتعاشات پدیدآورندهٔ صوت را محاسبه کرد که پروفسور تصحیح کنندهٔ ورقه او را حتی برای ورود به دورهٔ دکترا مناسب تشخیص داد. انریکو فرمی شاگرد اول کنکور ورودی شد.

فرمی در تمام طول تحصیل، ریاضیات عالی، نسبیت عام، مکانیک کوانتوم و فیزیک اتمی خواند. در سال ۱۹۲۱ در سن ۲۰ سالگی اولین مقالهٔ علمی خود را منتشر کرد. در سال ۱۹۲۲ در ۲۱ سالگی تز دکترای خود را ارائه کرد و دکترا گرفت. فرمی به راحتی در آزمایشگاه کار می‌کرد و آزمایشگاه را مانند خانهٔ خود می‌دانست. در هر دو سرزمین فیزیک‌ریاضی و فیزیک آزمایشگاهی، سرآمد دیگران بود. به ندرت می‌شود فیزیک‌دانی را یافت که در هر دو این زمینه‌ها استاد باشد. معمولا تئوریسین‌ها نظریه را می‌نویسند و منتظر فیزیک‌دانان تجربی می‌نشینند تا کار اجرا شود. از این نظر فیزیک‌دان نظری را می‌توان به آهنگساز و فیزیک‌دان تجربی را به نوازنده تشبیه کرد.

هنگامی که در سال ۱۹۲۳ ضمیمه‌ای برای چاپ ایتالیائی کتاب «ریاضیات نظریهٔ نسبیت» می‌نوشت متوجه شد که با توجه به رابطهٔ برابری جرم و انرژی اینشتین، مقدار عظیمی انرژی از مقدار اندکی ماده آزاد خواهد شد. فرمی نخستین کسی است که به آزاد شدن عملی این انرژی اشاره کرده است. این اولین جرقهٔ بمب اتمی است.

فرمی برای مباحثه و آموزش‌های گوناگون به چندین دانشگاه اروپائی نزد استادان بزرگ و مشهور رفت. در سال‌های ۱۹۲۵ و ۱۹۲۶ در دانشگاه فلورانس به تدریس ریاضی، فیزیک و مکانیک نظری پرداخت.

فرمی از پیشگامان مکانیک کوانتوم آماری - احتمالاتی است. او رابطهٔ آماری

دیراک را جداگانه به دست آورد به طوری که امروزه آن را رابطهٔ دیراک – فرمی نیز می‌خوانند. پس از آن که ولفگانگ پاولی «اصل طرد» خود را در سال ۱۹۲۵ منتشر کرد، فرمی بلافاصله آن را در گازهای ایده‌آل به کار گرفت و به رابطهٔ آماری درون اتم رسید. فرمی در بسیاری زمینه‌ها اصل طرد را با موفقیت به کار برد و حاصل آن ذرات جدید است. امروزه تمام ذرات جدیدی که از «اصل طرد» پاولی تبعیت می‌کنند به نام فرمی معروفند و به آن‌ها «فرمیون» می‌گویند.

در سال ۱۹۲۶ با سمت پروفسور فیزیک تجربی در دانشگاه ساپینزا مشغول به کار شد. دست‌آوردهای بزرگ و اصلی انریکو فرمی در زمینه‌های توسعهٔ تئوری کوانتوم و فیزیک هسته‌ای و فیزیک ذرات و مکانیک احتمالاتی اتمی بود. انریکو فرمی مخترع و سازندهٔ اولین رآکتور اتمی دنیاست و جزو کسانی است که از آنان به عنوان پیش‌گامان بمب اتمی نام می‌برند. فرمی در سال ۱۹۳۸ جایزهٔ نوبل را بابت کارهایش در زمینهٔ راه اندازی زنجیرهٔ رادیواکتیو با بمباران نوترون و کشف عناصری که در جدول مندلیف پس از اورانیوم قرار می‌گیرند دریافت کرد.

فرمی در سال ۱۹۳۸ پس از روی کار آمدن حکومت فاشیست‌ها به خاطر حفظ جان همسر یهودی‌اش به آمریکا رفت. در دانشگاه کلمبیا و سپس شیکاگو به تدریس و تحقیق پرداخت. در زمان جنگ دوم جهانی در پروژهٔ «مَنهَتَن» که اسم رمز ساخت بمب اتمی بود مشارکت کرد. او موفق شد در سال ۱۹۴۲ اولین رآکتور اتمی دنیا را در شیکاگو بسازد. فرمی در تمام ماجراهای اتمی بعدی از جمله آزمایش بمب جزو دانشمندان ردهٔ اول بود. از گفته‌های اوست: «هیچ خوب نیست که **دانایی** را از پیشرفت باز بداریم. **نادانی** هرگز بهتر از **دانایی** نیست».

ریچارد فینمن

Richard Feynman

۱۹۱۸ تا ۱۹۸۸

کوانتوم الکترودینامیک – سال ۱۹۴۲ – جایزه نوبل ۱۹۶۵

ریچارد فینمن در محلهٔ کوییننز نیویورک به دنیا آمد. خیلی دیر به حرف زدن افتاد. در سه سالگی فقط یکی دو کلمه می‌گفت. خانوادهٔ او اصالتا از روسیه و لهستان بودند. پدر و مادرش از یهودیان اشکنازی بودند. آنان مذهبی نبودند و ریچارد در جوانی خود را «خدانشناس قسم خورده» می‌نامید. تمایلات ضد یهودی پیدا کرد و در مخالفت با آن دین سخنان فراوان گفت. لهجهٔ کوچه بازاری «برونکس» پیدا کرد و همیشه با زبان زمخت حرف می‌زد به طوری که دوستانش از جمله پاولی می‌گفتند که مانند ولگردهای لات حرف می‌زند.

در کودکی رادیوی خانگی را تعمیر می‌کرد و دستگاه دزدگیر اختراع کرد. در مدرسه بلافاصله به کلاس بالاتر ریاضی منتقل شد. در ریاضیات به سرعت پیشرفت کرد و همه شعبه‌های ریاضی را آموخت. در سال آخر دبیرستان، در مسابقات ریاضی دانشگاه نیویورک شرکت کرد و با اختلاف زیاد نسبت به نفر دوم، شاگرد اول شد به طوری که باعث حیرت ممتحنین واقع گردید.

به انستیتو تکنولوژی ماساچوست رفت و در سال ۱۹۳۹ در ۲۱ سالگی فارغ‌التحصیل شد. در همین سال وارد دانشگاه پرینستون شد و در سال ۱۹۴۲ به اخذ دکترای فیزیک ریاضی نائل آمد. شرکت کنندگان اولین سمینار او اینشتین و پاولی بودند. تز او کوانتوم الکترودینامیک بود که به اختصار QED نامیده می‌شد. به پروژهٔ منهتن پیوست و با اوپنهایمر (سازندهٔ بمب اتم) و سایر دانشمندان برای ساخت بمب اتمی همکاری کرد. به تدریس در انستیتوی تکنولوژی کالیفرنیا (کَلتِک) پرداخت و باعث شهرت هر دم افزون کلتک گردید.

کوانتوم‌الکترودینامیک باعث حیرت همهٔ بزرگان شد. فینمن، بر مبنای کارهای دیراک، این شاخهٔ جدید را معرفی کرد و وقتی بردارهای ساده شدهٔ خود را از روابط درونی اتم کشید و با شیوهٔ تصویری غیر ریاضی و با تصاویر ساده به جای معادلات پیچیده به تشریح دست‌آوردهای جدید پرداخت باعث اعتراض تقریبا تمام بزرگان و

از جمله نیلز بور گردید.

بور و سایرین انتظار نداشتند به جای معادلات ریاضی با «دیاگرام‌های ساده شدهٔ کودکان دبستانی» مواجه شوند اما حق با فینمن بود این تصاویر که بعدها به دیاگرام فینمن مشهور شد کاربرد عمومی یافت. فینمن جایزهٔ نوبل فیزیک سال ۱۹۶۵ را نصیب خود کرد.

□

از این جا به بعد کوانتوم مکانیک وارد فضاهای جدید می‌شود. فوران دستاوردهای کوانتوم مکانیک شعبه‌های فراوان تأسیس کرد. لیزر، نانو تکنولوژی، کوانتوم کامپیوتر و... هر کدام به یک سرفصل بزرگ علمی تبدیل شدند. ذرات جدید مانند کوارک‌ها، لپتون‌ها، بوزون‌ها پیدا شدند. هر روز یک ذرهٔ جدید پیدا می‌شد به طوری که فیزیکدان‌ها را گیج کرده بود. او پنهایمر می‌گفت جایزهٔ نوبل را باید به کسی بدهند که ذرهٔ جدیدی کشف نکرده است.

مورای گل‌من Murray Gell-Mann در سال ۱۹۴۲ کوارک را کشف کرد که بابت آن جایزه نوبل ۱۹۶۹ را برد. او که بعدها استاد کلتک شد نشان داد که فرض ساچمه‌ای بودن پروتون و نوترون درست نبوده و هر دو این ذرات، خودشان به شکل حوضچه‌هایی هستند که کوارک‌ها درون آن غوطه‌ورند. داخل هستهٔ اتم بسیار شلوغ‌تر از آن است که روزگاری تصور می‌شد. مورای گل من که مشهور به مندلیف ذرات داخلی اتم است می‌گوید:

شناخت جهان هستی و چگونگی پیدایش و عملکردش، بزرگ‌ترین انگیزهٔ تاریخی زیست آدمی است. شمار اندکی از ساکنان این سیارهٔ کوچک، در گردش به دور یک ستارهٔ متوسط یک کهکشان معمولی، هدف خود را شناخت جهانی به این پهناوری قرار داده‌اند.

چگونه می‌توان تصور کرد که ذرهٔ ناچیزی از آفرینش، به این باور رسیده باشد که

قادر به شناخت و درک همهٔ آن و از همه عجیب‌تر، قادر به کنترل آن خواهد بود؟

در پایان قرن نوزده اتم ساچمه‌ای یونان جای خود را به هستهٔ ساچمه‌ای با الکترون مداری داده بود. در آغاز قرن بیست معلوم شد هستهٔ اتم دارای پروتون و نوترون است و الکترون‌ها روی مدارهای با فاصله‌های مختلف از هسته می‌گردند. اکنون معلوم شده پروتو و نوترون نیز ساچمه‌ای نیستند و دارای اجزاء فراوانند که هنوز ترتیب آن‌ها مشخص نشده. کشف بوزون هیگز در ۲۰۱۳ در شتاب دهندهٔ سرن، تا کنون آخرین مورد از کشفیات این ذرات است. در آغاز، محاسبات گیج کنندهٔ این ذره باعث شد با لفظ God Damn Particle = ذرهٔ خدا لعنتی، به ناشر سپرده شود، اما ناشرِ کارهای وزینِ علمی نمی‌توانست از لفظ «لعنت» استفاده کند در نتیجه آن را به نام «**ذرهٔ خدا**» چاپ کرد که همین اسم نزد اصحاب شبه علم، به ویژه هنرمندان ماه‌گرفته، باعث سوء تفاهم و انواع تعابیر غلط گردید.

بسیاری از دانشمندان در میدان کوانتوم مکانیک کار کرده‌اند و می‌کنند اما برخی دانشمندان رده اول مانند اینشتین به طور بنیادی با آن مخالفند. برخی دیگر مانند دوبروی و شرودینگر با جنبه‌های احتمالات مکانیک‌کوانتوم مخالف هستند. نیلز بور می‌گوید «اگر خیال می‌کنید کوانتوم مکانیک را فهمیده‌اید معلوم می‌شود هیچ چیز نفهمیده‌اید». فینمن هم که آب پاکی را روی دست همه می‌ریزد: «هیچ کس قادر به درک کوانتوم مکانیک نیست».

مهم‌ترین مسأله این است که امروزه مشخص شده بین دو مدار الکترونی خلاء نیست. فضای خالی وجود ندارد و همیشه در رقیق‌ترین خلاء نیز موجوداتی از جنس انرژی و ذرات داخل اتم هست. بشر قرن‌ها با فرضیهٔ اتر زندگی کرده بود. در قرن بیستم با استناد به آزمایش آینه‌های مختلف‌الجهت مایکلسون – مورلی، اتر را کنار گذاشت و فضا را خالی تصور کرد، امروزه اما، با معمای دیگری روبرو شده است به این معنی که فضای خالی وجود ندارد اما «آن چیست که فضا را پر کرده است»؟

از طرف دیگر دیده می‌شود هنگامی که یک زوج فوتون در هم تنیده از سیستمی

منتشر می‌شوند هر دو رفتار متشابه دارند. اگر هرکدام هر تغییر حالتی بدهد دیگری هم بلافاصله عینا همان کار راخواهد کرد. سوآل اینجاست، هنگامی که دو فوتون از یکدیگر دور باشند چگونه از حال یکدیگر با خبر می‌شوند؟ اگر یکی تغییر کند، دیگری چگونه خبردار می‌شود و در همان لحظه تغییر می‌کند؟ پاسخ در یکی از دو حالت زیر است:

۱ – یک برنامهٔ از پیش تعیین شدهٔ مشترک نزد هر دو فوتون وجود دارد، برنامه‌ای مانند یک DNA داخلی که سبب رفتار مشابه نزد هر دو فوتون می‌شود.

۲ – این دو فوتون قادر به انتقال اطلاعات در لحظه یا ارتباط آنی هستند.

در سال ۱۹۳۵ اینشتین – پودولسکی – روزن در مقالهٔ خود شق اول را پذیرفتند. (Einstein-Podolsky-Rosen=EPR بوریس پودولسکی (۱۹۶۶–۱۸۹۶) یهودی آمریکایی روسی‌الاصل دانشگاه سینسیناتی. ناتان روزن (۱۹۹۵–۱۹۰۹) یهودی آمریکایی اسراییلی دانشگاه ام.آی.تی).

در این مقاله از نظر EPR در دنیای دترمینیست یا «از پیش برنامه‌ریزی شده» قطعا یک دست نامرئی هر دو فوتون را اداره می‌کند و به حرکات مشابه وامی‌دارد.

اینشتین به روابط زوج ذرّه‌های درهم تنیده و دارای رفتار یکسان با تردید نگاه می‌کرد و آن‌ها «جن زدگان» spook می‌خواند.

جان استوارت بل John Stewart Bell (۱۹۹۰–۱۹۲۸) فیزیک‌ریاضی‌دان ایرلند شمالی است. در دانشگاه استانفورد تدریس می‌کرد و جزو دانشمندان گروه سرن CERN بود. بل اثبات کرد EPR اشتباه کرده‌اند و حالت اول ممکن نیست و نشان داد فقط حالت دوم درست است. فقط یک ارتباط دائم می‌تواند این صحنه را اداره کند. نتیجهٔ حیرت‌انگیز این که سرعت انتقال اطلاعات بیش از سرعت نور است. این یکی از نتایج غریب کوانتوم مکانیک بر علیه نسبیت است.

کوانتوم مکانیک جدید، اتصال را می‌پذیرد، دنیا پر است و «اتر» را نیز می‌پذیرد، سرعت نور نیز حد نهایی سرعت نیست.

تیم ماودلین Tim Maudlin فیلسوف آمریکایی در سال ۱۹۵۸ به دنیا آمد. کار اصلی او فلسفهٔ علوم به ویژه فلسفهٔ فیزیک است. در دانشگاه‌های راتگرز و هاروارد و نیویورک به تدریس فلسفهٔ علم اشتغال داشت. به بیان ماودلین این ذرات، فوتون یا الکترون، هرقدر هم از یکدیگر دور باشند، با یکدیگر «مرتبط» به نظر می‌رسند. این ذرات دائما در حال «مکالمه» با یکدیگر هستند. این ارتباط اطلاعاتی، سریع‌تر از نور حرکت می‌کند و آنی است. ذرات سریع‌تر از نور با هم در تماس هستند، درست مثل جاذبه که هنوز معلوم نیست چگونه عمل می‌کند اما آنی است. دو سنگ بنای اصلی فیزیک نوین، یعنی نسبیت و کوانتوم مکانیک دو داستان مختلف در مورد جهان به ما می‌گویند.

هنگامی که بخواهیم ریاضیات هر دو دستگاه نسبیت عام و کوانتوم مکانیک را تلفیق کنیم با ۱۳ پارامتر مستقل روبرو می‌شویم و اگر ریاضیات‌مان درست باشد جهان ۱۳ بعدی خواهد بود. این به چالش فیزیک فلسفه دانان بدل شده است.

امروز ۲۵ نوامبر ۲۰۱۵ (۴ آذر ۱۳۹۴) از شنیدن آخرین خبر علمی جهان داخل اتم شاد و شگفت زده‌ام. دیروز فیزیکدانان دانشگاه استانفورد موفق شدند دو ذرهٔ بنیادی به فاصلهٔ ۲ کیلومتر را در حال حمل پیام به یکدیگر مشاهده کنند. سخن ولفگانگ پاولی و جان استوارت بل درست در آمده است. دنیا دارای اتصال اطلاعاتی است.

پیشرفت‌های مکانیک کوانتوم در چهار گام انجام می‌شود و کسی که قدم در راه بگذارد باید به این ترتیب حرکت کند:

(اول): تمام پیشینهٔ مکانیک کوانتوم را مطالعه کند.

(دوم): نشان بدهد آن چه تاکنون پدید آمده چه نقص‌ها و تضادهایی دارد و داده‌های تجربی جدید را توضیح نمی‌دهد و ریاضیات موجود چگونه با تجربیات جدید

نمی‌خواند.

(سوم): روابط ریاضی جدیدی پیشنهاد کند که شامل تمام تجربیات قبلی و تجربیات جدید بشود و به بهترین نحو تمام دستاوردهای کوانتوم مکانیک را تا روز حاضر بیان کند.

(چهارم): با تعمق در روابط ریاضی پیشنهادی جدید، یک داستان جدید از جهان ذرات و روابط آنها به میان آورد. این داستان تا زمان پدید آمدن داستان بعدی، **حقیقت جهان** خوانده خواهد شد. **حقیقت فقط تا آنجا اعتبار دارد که بتواند با زبان ریاضی نوشته شود.**

سرنشین سورتمهٔ فضائی سرگردان

ما سوار بر یک سنگ مدوریم که با سرعت حیرت‌انگیز ۱۸۰۰ کیلومتر در ساعت یا ۰/۵ کیلومتر در ثانیه به دور خود می‌چرخد. این سه برابر سریع‌تر از تمام ماشین‌ها و قطارهاست. این سنگ با سرعت باورنکردنی ۳۰ کیلومتر در ثانیه یا ۱۰۸۰۰۰ کیلومتر در ساعت به دور ستارهٔ مادر خود یعنی خورشید می‌گردد. این بیش از دو برابر سرعت سریع‌ترین موشک‌هاست. سنگ ما همراه با خورشید با سرعت سرسام آور ۲۵۰ کیلومتر در ثانیه به دور مرکز کهکشان راه شیری می‌چرخد. اگر ماه با این سرعت دور کرهٔ زمین بگردد هر سه دقیقه یک بار کرهٔ زمین را دور می‌زند. سنگ ما همراه با کهکشان راه شیری با سرعت ۳۰۰ تا ۶۰۰ کیلومتر بر ثانیه به دور خوشه محلی می‌چرخد و از همه باورنکردنی‌تر این که مجموعهٔ کهکشانی با سرعت‌های قابل مقایسه با سرعت نور، در کار انبساط جهان است. اگر با سرعتی که کهکشان‌ها از یکدیگر دور می‌شوند، ماه به دور زمین بگردد، در هر دقیقه لااقل ۱۰ بار کرهٔ زمین را دور خواهد زد.

قسمت اعظم آن‌چه شب‌ها درآسمان دیده می‌شود ستاره‌های مختلفی هستند که به کهکشان راه شیری تعلق دارند. در واقع وقتی شب با چشم غیر مسلح به آسمان نگاه می‌کنیم در حدود شش‌هزار ستاره می‌بینیم. غیر از ماه و چهار پنج عضو اصلی خانوادهٔ منظومهٔ شمسی، و غیر از چند استثناء کهکشانی، بقیهٔ آن‌چه می‌بینیم ستاره‌است. این ستاره‌ها عینا مانند خورشید خود ما هستند یعنی در شب شش‌هزار خورشید در آسمان داریم. بعضی پُرنورتر بعضی کم‌سوتر. جنس این ستاره‌ها تودهٔ گاز

و پلازما است.

با این همه ستاره (خورشید) و کهکشان نورانی چرا شب مانند روز آسمان روشن نیست؟ زیرا این اجسام نورانی با فاصلهٔ بسیار زیادی از ما قرار گرفته‌اند به همین دلیل این قدر کوچک و کم نورند به نظر می‌رسند در حالی که ستارگان کوچک و کم نور نیستند.

واژهٔ کهکشان به خاطر سفیدی جادهٔ آسمانی است که از روی آن با گاری کاه برده‌اند. کاه بر «زمین!» ریخته و راه را سفید کرده است. این لفظ در قدیم به‌طور اختصاصی برای «کهکشان راه شیری» استفاده می‌شد در حالی که خود کهکشان هنوز کشف نشده بود. امروز «کهکشان» معادل Galaxy است و برای کهکشان خودمان لفظ Milky Way که همان راه شیری است به صورت تحت‌اللفظی ترجمه شده است. گاری شیر حمل می‌کرده، شیر بر زمین ریخته و راه شیری را مشخص کرده.

کهکشان راه شیری مارپیچ است. ما چون در داخل آن قرار گرفته‌ایم نمی‌توانیم از بیرون آن را ببینیم. کهکشان‌های دیگر به شکل ستاره دریایی در حال چرخش با بازوزوهای خمیده دیده می‌شوند. البته نور ستارگان کهکشان راه شیری شب‌ها به‌صورت راه سفید رنگی از شمال به‌جنوب کشیده شده است. به همین جهت آن را راه مکّه هم نامیده‌اند. جاده بودن این سایهٔ سفید آسمانی چنان مسجل بوده که بعضی شعرا هنگام پیمودنش گاری چپ کرده‌اند.

این کهکشان شامل دویست هزار میلیون ستاره (خورشید) است و خورشید منظومهٔ شمسی در گوشه‌ای از آن قرار گرفته. درآسمان اجرام دیگری نیز دیده می‌شود که به راه شیری تعلق نداشته به کهکشان‌های دیگر وابسته‌اند. به‌طور کلی ستارگان در فضا پراکنده نیستند و معمولا در مجموعه‌هایی به نام کهکشان مجتمع شده‌اند. هر کهکشان از اجتماع یک‌صد تا دویست میلیارد ستاره به‌وجود آمده است.

هر سال سی و یک و نیم میلیون ثانیه است. اگر ما بخواهیم سلسلهٔ اعداد طبیعی

را از یک تا میلیارد شمرده برای شمارش هر عدد فقط یک ثانیه وقت صرف کنیم و این کار را بی‌وقفه ویک نفس انجام داده حتا شب‌ها نیز نخوابیم و بشماریم، برای شمارش از یک تا میلیارد، به‌سی و یک سال و هشت ماه وقت احتیاج داریم. یعنی اگر حاضر به اضافه کاری نبوده فقط روزی هشت ساعت کار کنیم، شمارش این عدد ۹۵ سال طول می‌کشد. بنابراین برای منجمی که روزی هشت ساعت بیش‌تر کار نمی‌کند، چون با اتمام شب کار شمارش تمام خواهد شد، شمارش کل خورشیدهای کهکشان خود ما یعنی راه شیری نوزده هزار سال طول خواهد کشید. اکنون سوآل مشخص این که منجم چه‌گونه این همه خورشید را می‌شمرد؟ منجم‌ها در عمل ستاره‌ها را تک شماری نمی‌کنند. برای این منظور از محاسبهٔ جرم مخصوص یا درخشش قسمتی از فضا بهره می‌برد. بخش کوچک اما شناخته شده‌ای از فضا را الگوی شناسایی تمام فضا قرار می‌دهند. عکس‌های شگفت انگیزی که تلسکوپ هابل به تازگی از فضا مخابره کرده کهکشان‌های مشابه راه شیری را به‌وضوح نشان می‌دهد.

فاصلهٔ ستارگان داخل کهکشان چه‌قدر است؟ وقتی از راه دور به یک کهکشان نگاه کنیم فاصله‌ای بین ستارگان نزدیک آن تشخیص نمی‌دهیم. اگرچه از دور یعنی از کهکشان‌های دیگر که بنگریم تمامی‌این خورشیدها نقاط بسیارنزدیک هم به‌نظر می‌رسند اما فواصل این خورشیدها در مقایسه با ابعاد زندگی ما واقعا بعید است. به‌عنوان مثال فاصلهٔ خورشید ما با هم‌سایهٔ دیواربه‌دیوارمان چهار سال نوری است که صحبت از فاصلهٔ عظیم چهل تریلیون کیلومتر است. اما بعید به‌نظر می‌رسد منجمی که روی کهکشان همسایهٔ ما نشسته است قادر به‌دیدن فاصله‌ای بین ما و ستارهٔ هم‌سایه‌مان باشد مگر این‌که تلسکوپ نوری او به‌مراتب از بهترین تلسکوپ‌های نوری خود مابهترکار کند. تلسکوپ هابل در داخل کهکشان راه شیری توانسته فاصله‌های به مراتب کم‌تر مانند فاصلهٔ ستاره و سیارهٔ کشف شدهٔ سال ۱۹۹۵ را اندازه‌گیری کند.

اگر یک بشقاب سوپ خوری گود را برعکس روی یک بشقاب مشابه قرار دهیم یک دیسک ضخیم درست کرده‌ایم که از جهاتی به کهکشان ما شباهت دارد. کُلُفتی کهکشان راه شیری بسیار کم‌تر از قطر آن است. برای پیمودن ضخامت راه شیری (پشت تا پشت بشقاب‌های سوپ خوری) با سرعت نور فقط سی هزار سال وقت لازم است در حالی که قطر آن درحدود دویست هزار سال نوری است. سال نوری مقیاس زمان نیست، متری برای اندازه‌گیری فاصله است. به‌طور طبیعی گفته می‌شود قطر کهکشان دویست هزار سال نوری است یعنی نور با سرعت ۳۰۰ هزار کیلومتر بر ثانیه برای پیمودن آن به ۲۰۰ هزار سال زمان نیاز دارد.

در مرکز کهکشان ستارهٔ (خورشید) بسیار بزرگی قرار دارد، اما آن‌چه از دور شبیه ستاره‌ای بزرگ به‌نظر می‌رسد مجموعه‌ای از ستارگان است که در حدود صد میلیون ستاره را شامل می‌شود. ستاره‌ای بزرگ شامل صد میلیون ستاره. این گوی نورانی در مرکز کهکشان است اما به‌علت وجود ابرهای فضایی، قادر به دیدن مرکز کهکشان راه شیری نیستیم واطلاعات خود را دربارهٔ مرکز این کهکشان، از شیوه‌های غیر مستقیم از جمله مطالعهٔ کهکشان‌های متشابه به‌دست می‌آوریم. لفظ خورشید مربوط به خورشید خود ما و منظومهٔ شمسی است و هرکجا از خورشیدهای کهکشان نام بردیم منظور واژهٔ صحیح‌تر «ستاره» است.

در مرکز اصلی کهکشان یک سیاهچالهٔ بزرگ قرار گرفته که به خوردن بقیهٔ کهکشان مشغول است.

ابرها یا غبارهای فضایی اغلب از جنس گاز هیدروژن هستند. این ابرها صحنه‌های بدیعی را در فضا به‌وجود آورده‌اند. در کهکشان راه شیری از این ابرهای فضایی یا غبارهای کهکشانی به مقدار زیاد وجود دارد. برخی از آن‌ها بقایای ستارگان قدیمی و بعضی درحال ایجاد ستارگان جدید هستند. بعضی از این ابرها تاریکند زیرا غبار کهکشانی به‌قدری ضخیم است که حاجب ماوراء می‌شود یعنی مانند یک پردهٔ ضخیم مانع دیدن پشت خود می‌شوند. یکی از آن‌ها بین ما و مرکز

کهکشان راه شیری قرارگرفته است.

غبارهای روشن مثل اوریون (Orion) در اثر نور ستارگانی که داخل آن ایجاد شده روشن و درخشان گردیده است. نوری که از ستارگان داخل اوریون ساطع می‌گردد، اول جذب سایر قسمت‌های این غبار شده سپس توسط اتم‌های این غبار منتشر می‌شود. وزن مخصوص یا پراکندگی چنین غباری درحدود ۶۰۰ اتم دریک سانتی‌مترمکعب است. دربعضی ابرهای کوچک‌تر وزن مخصوص خیلی بیش‌تری مشاهده می‌شود. مقدارماده‌ای که داخل این غبار وجود دارد برای ایجاد ۱۰۰ هزار خورشید کافی است. به‌همین دلیل در گازهایی مثل اوریون وقتی ستاره‌ها متولد می‌گردند، نه یک ستاره، که خوشهٔ بزرگی از ستاره‌ها پدیدمی‌آید. از این خوشه‌ها درکهکشان راه شیری می‌توان دید. مثلا خوشهٔ کروی که از خوشه‌های قدیمی‌است درحدود ۱۰۰ هزار ستاره دارد.

سیاراتی مانند زمین بسیار کوچک‌تر و بی‌نورتر از آن هستند که از فواصل بعید قادر به‌دیدن‌شان باشیم، اما نشانه‌های وجود این سیارات از هم‌اکنون دیده می‌شود واین به واسطهٔ دیدن کسوف‌های جزئی خورشیدهای دوراست. تلسکوپ هابل موفق به کشف عملی این سیارات شده است. از آن‌جاکه تعداد زیادی خورشید، شبیه به‌خورشید خود ما در کهکشان قراردارد احتمال وجود زیست در کهکشان ما بسیار زیاد است. کهکشان‌ها خواص جالبی دارند، به‌عنوان مثال می‌توان از شیوهٔ‌خاص گردهم‌آیی آن‌ها در سیستم بزرگ‌تر «خوشه» نام برد. در هر خوشه چندین ده تایی کهکشان مجتمع گریده‌اند. یکی از معروف‌ترین این گروه‌ها خوشهٔ سنبله یا Virgo است.

کهکشان‌ها نسبت به‌یک‌دیگر ساکن نبوده ضمن حرکت کلی و دور شدن از هم و چرخش به‌دور یک‌دیگر، باهم برخورد می‌کنند که حاصل آن انفجارهای عظیم فضایی است. اخیرا به‌نظر رسیده درحدود دو میلیارد سال پیش، کهکشان راه شیری دچار یک فاجعهٔ عظیم گشته با کهکشان دیگری برخورد کرده است. شواهد علمی

تایید کنندهٔ این نظریه بسیارند اما این دلایل هنوز تکمیل نشده‌اند. دربارهٔ خواص خوشهٔ کهکشان‌ها بسیار می‌توان گفت. یکی از زیباترینش این که خوشه به مجموعهٔ بزرگ خوشه‌های کهکشانی تعلق دارد. مجموعهٔ خوشه‌ها را «جهان» می‌نامیم. به این ترتیب برای اولین بار لفظ جهان به مفهوم امروزی پدید می‌آید. «جهان» یک مجموعهٔ کهکشانی است که تاکنون نزدیک به هزار میلیون از آن‌ها در تمام جهات فضا رصد شده است. فقط مسألهٔ ساختن تلسکوپ‌های بهتر مطرح است تا به‌این تعداد اضافه شود.

جهان دارای خواص بسیاری است که مقدار کمی از آن کشف شده. به‌عنوان مثال، عناصر اولیهٔ شیمیایی نظیرآن‌چه خود در این‌جاداریم، درجاهای دیگر کشف کرده‌ایم. این کاربا کمک تجزیهٔ نور اجسام دور انجام شده به‌طوری که می‌توان گفت شیمی جهان درهمه‌جا یک‌سان است و حتا بیش از آن، امروزه می توان گفت شیمی جهان شیمی هیدروژن ـ هلیوم است.

مهم‌ترین خاصیت جهان کهکشان‌ها این که اعضاء آن یعنی کهکشان‌ها درحال حرکت و دور شدن از یک‌دیگر هستند. این به‌جهان کنونی ابعادی بزرگ و مافوق تصور می‌دهد. برای آن‌که مثالی از عظمت جهان کنونی داده شود، فرض کنیم تمامی‌اجرام شناخته شده را با چگالی یک‌سان درجهان کنونی پخش کنیم، دراین صورت درمکعبی به‌ابعاد ۳۰ کیلومتر فقط یک دانهٔ کوچک شن قرار می‌گیرد.

ازآن‌جا که ظاهرا و در نظر ما حرکات اجرام بسیارنزدیک نیز در آسمان به‌کُندی انجام می‌گیرد، ازکجا می‌دانیم اجرام ازهم دورمی‌شوند؟ از تجزیهٔ نورهای آنان و با استفاده از خاصیت سادهٔ فیزیکی موسوم به اثر داپلر. همهٔ ما از ماشین‌های درحال حرکت که بوق خود رابه‌صدا درآورده‌اند تجربیاتی داریم و می‌دانیم صدای بوق ماشین هنگامی که به‌سوی ما می‌آید، با هنگامی که از ما دور می‌شود تفاوت می‌کند. دلیل این امر مربوط به کوتاهی و بلندی طول امواج است و بررسی آن در تئوری ارتعاشات انجام می‌شود. چون نور هم یک موج است، این اتفاق درمورد نور نیز رخ

می‌دهد.

می‌دانیم طیف نور که خود جزء بسیار کوچکی از خانوادهٔ بزرگ امواج الکترومغناتیس به شمار می‌رود از نورهای مختلف تشکیل شده است: ماوراء بنفش، بنفش، نیلی، آبی، سبز، زرد، نارنجی، قرمز، مادون قرمز. بنا به اصل داپلر، هرگاه جسمی به ناظری نزدیک شود و ناظر نوری را که از آن جسم به او می‌رسد تجزیه کند، این نور به‌سوی آبی متمایل است. هرگاه دوجسم از هم دور شوند، این نور به‌قرمز متمایل می‌گردد. البته توقع نخواهیم داشت اتومبیل‌های نزدیک شونده را آبی و اتومبیل‌های دورشونده را قرمز ببینیم مگر این‌که سرعت این اتومبیل‌ها زیاد باشد. از سرعت زیاد، مراد سرعت‌های قابل قیاس با سرعت نور است.

با استفاده از این اصل، وقتی که طیف نورهای واصله از کهکشان‌های دیگر به‌ویژه کهکشان‌های دور را بررسی می‌کنیم می‌بینیم که این طیف، انحرافی به‌قرمز از خود نشان می‌دهد. این به دور شدن کهکشان‌ها دلالت می‌کند. دراین‌جا ذکر یک نکته فوق‌العاده جالب توجه است. کهکشان‌ها هرقدر دورترباشند، انحراف نورشان به‌سوی قرمز بیش‌تر است که این خود حکایت از سرعت نسبی بیش‌تری می‌کند. به‌این ترتیب است که ما در جهانی منبسط شونده زندگی می‌کنیم که هرلحظه ابعاد آن بیش‌تر می‌گردد.

گسترش جهان به‌چه دلیل است و تا کجا ادامه پیدامی‌کند؟ آیا این گسترش دارای سرآغازی هم هست؟ برای جواب به این سوآل باید درخواص فیزیکی جهان کنونی مطالعهٔ دقیق‌تری بکنیم. برای این مطالعه سناریوهای مختلفی پیش‌نهاد شده. دورشدن کهکشان‌ها ازیک‌دیگر باعث خواهد شد درجهٔ حرارت داخلی این سیستم رفته‌رفته نقصان پیدا کند. انرژی داخلی ذرات درسطح وسیع‌تری از فضا منتشر گردد. این باعث بزرگ‌تر شدن کهکشان‌ها می‌گردد. انبساط باعث خواهد شد نیروهای نگه‌دارندهٔ کهکشان، به‌صورت مجموعهٔ خورشیدها، کم و کم‌تر گردد. رفته‌رفته این توده‌های جرم به‌پایان انرژی جنبشی و حرارتی خود نزدیک‌تر شده، در

نتیجه متلاشی می‌گردند. درحد نهائی، جهان عظیم‌تر از هر حد قابل تصور منبسط می‌شود.

در چنین مرحله‌ای است که حتا ذرات داخل اتم‌ها نیز دارای نیروی کافی برای نگه‌داری شکل اصلی اتم نخواهند بود. سراسر جهان را خمیرمایهٔ اصلی جهان یعنی ذرات سازندهٔ اتم هیدروژن تشکیل خواهد داد. جهان فوق‌العاده رقیق خواهد شد و تمامی اجرام به‌صورت پودر یا غبار فضایی در می‌آید. این غبار درسطح جهان به‌طور یک‌نواخت پراکنده خواهدشد. در واقع تمامی جهان پُر از ذرات بسیار ریزتر از ذرات داخلی اتم‌ها می‌شود.

کوارک‌ها و لپتون‌ها کوچک‌ترین ذراتی که خواص مادی و موجی هردو را ازخود نشان می‌دهند و خمیرمایه‌های اصلی ماده و انرژی محسوب می‌شوند. جرم و انرژی به‌یک‌دیگر تبدیل نشده بل‌که هر دو در اصل یک چیز واحدند. دراین حالت است که درجهٔ حرارت به ۲۷۳- درجهٔ سانتی گراد رسیده، انرژی داخلی به انتها می‌رسد، مرحلهٔ اول تمام شده مرحلهٔ دوم آغاز می‌گردد.

بنا به‌خاصیت هندسی فضا، ذرات پراکنده دوبه‌دو، و سپس سه‌به‌سه و چهاربه‌چهار و . . . شروع به‌گردهم‌آیی نموده به هم‌دیگر نزدیک می‌گردند. کم‌کم می‌روند تا ماده یعنی اتم‌ها را به‌وجود بیاورند. جرم‌ها شروع به‌پیدایش کرده سپس اجرام یک‌دیگر را جذب می‌کنند. هرچه این عمل ادامه پیدا کند سرعت آن نیز بیش‌تر می‌شود تاجایی که رفته‌رفته یک کرهٔ بزرگ از کلیهٔ اجرام، فضاها و زمان‌ها تشکیل خواهد شد. این گوی که در بر گیرندهٔ کلیهٔ اجرام جهانی است و به آتش‌گوی نخستین معروف است، دراثر ثقل مرکز خود فشرده‌تر شده درجهٔ حرارتش بالاتر می‌رود. تا جایی که درنهایت امر، یک گوی داغ از اجرام و زمان‌ها تشکیل شده و باقی همه هیچ.

وزن مخصوص این گوی آن‌قدر زیاد خواهد بود که یک انگشتانه از مادهٔ تشکیل دهندهٔ آن میلیون‌ها تن وزن خواهد داشت. دراین حالت آتش‌گوی نخستین دارای

فشردگی و درجه حرارت نهائی خواهدبود. آن‌چه از آن فشرده‌تر و داغ‌تر نمی‌توان محاسبه کرد. هنگامی‌که این گوی به‌نهایت تکامل خود، در نهایت درجهٔ حرارت و جرم رسید انرژی داخلی باعث انفجار آن خواهد شد. این انفجار درعلم نجوم به‌انفجار بزرگ یا مه‌بانگ یا BIG BANGموسوم است. در اثر آن، ذرات گوی، مانند تراشه‌هایی از برادهٔ مذاب آهن که از جوش‌کاری حاصل می‌گردد، درتمام جهات منتشر می‌شود. هر تراشهٔ داغ این گوی یک خوشهٔ کهکشانی را می‌سازد و هر خوشه در داخل خود چندین کهکشان را به‌وجود می‌آورد و هر کهکشان میلیون‌ها ستاره را. کهکشان‌ها شروع به‌دور شدن از یک‌دیگر خواهند کرد و این همان چیزی است که ما در حال حاضر در فضا شاهد آن هستیم.

این نظریه برمبنای اکتشافات علمی غیر قابل انکاری قرار دارد که به‌صورت دیگر قابل توضیح نیستند. نکتهٔ اول کشف دور شدن کهکشان‌هاست که امروزه نه تنها امری مشخص شده است، بل‌که حتا توانسته‌ایم سرعت نسبی آن‌ها را نیز محاسبه کنیم. نکتهٔ دوم کشف وجود کهکشان‌ها درکلیهٔ جهات و حرکت آن‌ها در جهات مختلف است. برای ما فقط مسالهٔ ساختن تلسکوپ‌های قوی‌تر مطرح است تا چندین هزار کهکشان جدید را که در جهات دیگری نیز در حرکتند ببینیم. نکتهٔ سوم اندازه‌گیری درجهٔ حرارت فضای «خالی» است.

در یک کورهٔ آجرپزی یا سفال گری که دارای پنجره‌ای برای دیدن اشیاء داخل آن است به‌نسبت گرمای داخل کوره اشکال مختلفی می‌بینیم به‌طوری که اگر در این مورد ورزیده باشیم فقط با دیدن اشیاء داخل کوره می‌توانیم درجهٔ حرارت داخل آن‌را حدس بزنیم. این امر توسط یک پدیدهٔ طبیعی موسوم به امواج حرارتی توضیح داده می‌شود.

بررسی امواج حرارتی فضاهای بین کهکشان‌ها، درجهٔ حرارت فضای خالی را در حدود ۳ درجهٔ کلوین یعنی تقریبا حدود ۲۷۰- درجهٔ سانتی‌گراد نشان می‌دهد که هنوز در حدود ۳ درجه گرم‌تر از صفر مطلق است. این امر به‌ما امکان محاسبهٔ زمان

دور بودن‌مان از انفجار بزرگ را می‌دهد. تلسکوپ هابل در اواخر قرن به دمای کم‌تر از ۱ درجه اختلاف نیز رسیده است.

نکتهٔ دیگر صدای این انفجار است. وقتی منجمین کمبریج و ام. آی. تی. مشغول اندازه‌گیری درجهٔ حرارت جهان خالی بودند بعضی با خود فکر کردند صدای این انفجار نمی‌تواند از بین رفته باشد. البته منظور از صدا، امواج صوتی به‌صورتی که با آن آشنایی داریم نیست، این‌ها نیز یک سری امواج الکترومغناتیس هستند که با طول موج دیگری منتشر می‌گردند.

برای شنیدن این صدا گوش‌هایی ساخته شد. این گوش‌ها نیز نوع ویژه‌ای از رادیو تلسکوپ هستند. از آن‌جا که بهترین طول موجی که می‌شد با آن شروع کرد طول موجی است که رادیوهای روی کرهٔ زمین و پدیده‌های طبیعی با آن موج ساطع نمی‌کنند، طول موج هفت سانتی‌متر انتخاب شد. درکمال تعجب و شعف شنوندگان، کامپیوترها شروع به‌ضبط صدا کردند. برای آزمایش دقیق‌تر، گوش‌ها به‌جهات مختلف برگردانده شد اما همیشه همان صدا و با همان طول موج به‌طور یک‌نواخت درکل جهان پراکنده است. این صدا که متعلق به چند هزارم ثانیه بعد از انفجار بزرگ است، اولین آگاهی ما از جهان به شمار می‌آید. این صدا که مؤید اشعهٔ زمینهٔ ۳ درجهٔ کلوین است در کمبریج روی طول موج ۲۱ سانتی‌متر نیز مجددا شنیده شد.

ما نمی‌دانیم و فعلا نمی‌توانیم بدانیم که آیا چرخهٔ «انفجار بزرگ – انبساط بزرگ – انقباض بزرگ – انفجار بزرگ» قبلا هم رخ داده است؟ آیا بعدا هم رخ می‌دهد؟ آیا این سیکل به‌طور متناوب اجرا می‌شود؟ تاکنون چندبار اتفاق افتاده یا چند بار پس از این اتفاق می‌افتد؟

برای ما ساعت جهانی از لحظه‌ای شروع به کار می‌کند که انفجار بزرگ رخ داده است. آن‌چه ما می‌دانیم این است که اکنون درمرحلهٔ گسترش یکی از چرخه‌های این جهان هستیم.

انفجار بزرگ در زمان تقریبی ۱۴ میلیارد سال قبل (۱۳/۷) رخ داده یعنی تولد

جهان کهکشانی کنونی چهارده میلیارد سال پیش از یک آتش‌گوی نخستین رخ داده است و از آن به بعد جهان دائما منبسط می‌شود. به غیر از این نکات، امروزه ماهواره‌های مطالعاتی دلایل متعددی برای پذیرفتن انفجار بزرگ در اختیار دانش‌مندان گذاشته‌اند. در همین زمان اِشکال گیری‌های علمی نیز شروع شده است. بسیاری از دانش‌مندان به انبساط بزرگ شک دارند و مادهٔ سیاه یا Dark Matter هنوز آزمایش‌گاهی نشده است.

جنس جهان ما چیست؟ تاکنون اطلاعات قابل توجهی در مورد جهان به دست آورده‌ایم. جهان از گاز هیدروژن، از اتم‌های باردار هیدروژن و از هسته‌های اتم هیدروژن به‌وجود آمده. درحدود ۹۹ درصد ماده‌ای که جهان را تشکیل می‌دهد به حالت پلازما است.

پلازما مرحله نهایی حالات مختلف ماده یعنی جامد، مایع و گاز است. اگر یخ جامد حالت اول آب باشد پس از حرارت دادن آب مایع به دست می‌آید که حالت دوم ماده است. اگر بازهم به حرارت دادن ادامه دهیم بخار آب به دست می‌آید که حالت سوم ماده است و اگر بازهم به این کار ادامه دهیم بخار بسیار داغ شده و یونیزه می‌شود یعنی مقداری از اتم‌های تشکیل دهندهٔ آن آزادتر می‌شوند. حتا در داخل خود این اتم‌ها هم زیر تأثیر حرارت بسیار بالا مقداری از الکترون‌ها آزاد می‌شوند و در این حالت ما با حالت چهارم ماده یا همان پلازما سر و کار داریم.

پلازما بسیارداغ است. با این‌که تقریبا نزدیک به‌تمام مادهٔ تشکیل دهندهٔ جهان به‌شکل پلازما است، پلازما در روی کرهٔ سرد شدهٔ زمین به‌سهولت دیده نمی‌شود. روی کرهٔ زمین ماده به‌یکی ازسه صورت جامد، مایع و بخار وجود دارد. فرم تشکیل مواد روی کرهٔ زمین بستگی به مقادیر مشخص برخی کمیات فیزیکی مانند درجهٔ حرارت و فشار دارد. به‌عنوان مثال با اضافه کردن انرژی به‌قطعه‌ای آهن جامد، می‌توان آهن مایع به‌دست آورد. اگر باز هم به‌آن انرژی اضافه کنیم، بخار آهن حاصل می‌شود. توجه به‌فرم خاص قرارگرفتن ذرات داخلی مواد، برای درک این

حالات ضروری است.

هنگامی که درکنار دریا هوا رو به گرما می‌گذارد، انسان‌هایی که در ساحل نشسته شاد و خندانند به‌خاطر گرم شدن شن‌های زیر پا به حرکت در می‌آیند و این حرکت با ازدیاد گرما شدت می‌یابد. به این ترتیب که انسان‌ها اول با سطح اتکاء زیاد خوابیده‌اند بعد که آفتاب در آمد و هوا گرم شد می‌نشینند یا در واقع سطح تماس را کم می‌کنند بعد که شن‌ها گرم‌تر شد بر می‌خیزند یعنی بازهم سطح تماس با زمین را کم‌تر می‌کنند موقعی که زیر پاها داغ شد این پا و آن پا می‌شوند. زمانی که شن‌ها داغ‌تر شد به هوا می‌پرند و به سوی دریا می‌دوند. این دقیقا نزد ملکول‌ها و اتم‌ها به ویژه در گازها دیده می‌شود.

ملکول‌ها واتم‌های تشکیل دهندهٔ مواد نیز در اثر ازدیاد انرژی به‌نوسان درمی‌آیند. در حدی از نوسان، گیرائی یا چسب کریستال‌ها بسیار کم اثر شده ماده سیلان می‌یابد. پس از آن با ازدیاد انرژی، فواصل بین ذرات بیش‌تر شده حالت بخار به‌وجود می‌آید. اما در هرسهٔ این حالات فرم خاص الکتریکی اتم‌ها محفوظ می‌ماند. هنگامی که انرژی ورودی را باز هم اضافه کنیم بخار یونیزه می‌شود یعنی الکترون‌ها هسته را رها کرده و مخلوط داغی از الکترون‌ها ویون‌ها تشکیل می‌گردد. به‌طور کلی هرگاه به‌حالات مختلف ماده انرژی اضافه کنیم پلازمای داغ به‌دست می‌آوریم و هرگاه از پلازما انرژی بگیریم یکی از حالات ماده حاصل می‌شود.

پلازمای طبیعی درفضا، از پشت تلسکوپ و در ابرهای مختلف قابل مشاهده است. پلازمای مصنوعی درآزمایش‌گاه‌ها ساخته می‌شود. پدیدهٔ درخشش قطبین مغناتیسی زمین به‌خاطر وجود پلازماست. پلازمای مصنوعی معمولا درچراغ‌های نئون و در لامپ‌هایی که با بخار جیوه یا سدیم کار می‌کنند وجود دارد. در حال حاضر مطالعات پلازما رشتهٔ بسیار جدی و مهمی از فیزیک مدرن را به‌خود اختصاص داده که آشنایی با آن برای علاقه‌مندان به‌مطالعهٔ ساختار فضا ضروری است. در ابرهای پلازمای فضایی و در داخل کهکشان‌ها اتفاق جالبی رخ می‌دهد: تولد ستارگان.

جالب توجه است که ستارگان شبیه به‌سایر جان‌داران، متولد شده زندگی کرده می‌میرند. خورشید ما یعنی مادر منظومهٔ شمسی نیز ستاره است، قبلا متولد شده، اکنون زندگی می‌کند و در آینده خواهد مرد. تا قبل از دست‌آوردهای نوین فلسفهٔ علوم ترجیح این بود که لفظ تولد و مرگ را فقط برای موجودات «ذی‌روح» به کار گیرند و از کاربرد چنین کلماتی برای غیر ذی‌روحی مانند خورشید خودداری کنند.

البته این به تعریفِ روحِ تعریف‌ناپذیر بر می‌گردد. هر کس که به دنیا بیاید می‌میرد. ستاره هم متولد می‌شود و هم می‌میرد. درست مانند موجودی زنده یا به زعم عام ذی‌روح. هرقدر دقیق هم که روح را تعریف کنیم، درمی‌یابیم که همهٔ موجودات روح دارند. حتا سنگ هم روح دارد. البته نه روح از جنس خرافی و نه روح از جنس انواع متافیزیک آسمانی، بل‌که روح از جنس حرکت و تبادل انرژی و تغییرات در شرایط متغیر. سنگ ارسطوئی صلب مطلق است. اما مطالعهٔ دقیق‌تر سنگ نشان می‌دهد که سنگ نیز دیگر ارسطوئی نیست. پر از خلل و فرج است و به حرکات بسیار دچار. از سطح آن دائما ذرات ریز به خارج پرتاب می‌شود. کل آن نیز در معرض تابش اشعهٔ کیهانی و در نتیجه جذب ذرات است. روی ابزارهای دقیق اندازه‌گیری، مانند ترازوی اتمی، هیچ سنگی آرامش نشان نمی‌دهد.

ستاره از گردهم‌آیی ذرات غبار فضایی که درعمل اکثر آن را گاز هیدروژن تشکیل می‌دهد به‌وجود می‌آید. ستاره‌ها همه به یک اندازه و با یک گرما و جرم نیستند. بعضی بزرگ‌تر و برخی گرم‌ترند. بعضی در عنفوان جوانی به سر می‌برند و برخی قسمت اعظم مواد خود را سوزانده‌اند و اواخر عمر خویشند. ستارگان قابل رؤیت دارای ابعاد، درخشش و سنین مختلف هستند و به پنج خانوادهٔ اصلی برحسب رنگ تقسیم می‌شوند: آبی – سفید – زرد – نارنجی – قرمز. ستارهٔ آبی بسیار جوان، بزرگ، داغ و درخشان است. هرچه از رنگ آبی دور شویم میزان فعالیت ستارگان کم‌تر می‌شود به‌طوری که ستارهٔ قرمز ستاره‌ای پیر و نسبتا سرد است. هر چه به سوی آبی می‌رویم ستاره‌ها بزرگ‌تر و داغ‌تر می‌شوند و هر چه به سمت قرمز بیاییم سردتر.

خورشید منظومهٔ شمسی ستاره‌ای زرد و متوسط به‌شمار می‌آید.

ستارگان دارای ساختمان جامد نبوده بل‌که توده‌ای از گاز و پلازما هستند. خورشید خود ما و تمام ستارگان، توده‌های بزرگ گاز هیدروژن هستند. اگر گرمای زیاد ما را ناراحت نکند و پای خود را روی سطح خورشید بگذاریم درمی‌یابیم که با یک سطح سفت و جامد سر و کار نداریم و در واقع به سمت مرکز خورشید فرو می‌رویم. نه مانند هنگامی که پا روی سطح آب دریا می‌گذاریم بل‌که بیش‌تر شبیه به زمانی که با هواپیما بالای ابرها پرواز می‌کنیم از هواپیما بیرون بیاییم و پای خود را روی ابر بگذاریم. طبیعی است که روی ابر نمی‌مانیم و به سمت زمین فرو می‌رویم. چتربازانی که از لابه‌لای ابرها می‌آیند به جایی گیر نمی‌کنند.

غلظت این گاز که تقریبا تمامی آن – به‌جز استثناهای هلیومی – هیدروژن است و هم‌چنین اندازهٔ ستارگان، فاصلهٔ آن‌ها از ما و طول عمر هرکدام قابل اندازه‌گیری و محاسبه است. راز درخشش و گرمای خورشیدها در سوختن مادهٔ تشکیل دهنده است. نور و گرمای ستارگان دراثر سوختن هیدروژن آن‌ها تولید می‌شود. اما سوختن این ماده با سوختن از نوعی که در زندگی روزمره با آن آشنا هستیم یعنی ترکیب ماده با اکسیژن تفاوت دارد. خورشید خود ما کمی گرم است. با یک تقریب اولیه باید گفت در واقع سطح آن حدود شش‌هزار درجهٔ سانتی‌گراد و مرکز آن حدود شش میلیون درجه است. این‌ها درجات حرارتی هستند که اجازهٔ حضور به هیچ جامد یا مایعی نمی‌دهند، فقط‌گاز، یا بهتر بگوییم، پلازما می‌تواند در خورشید زندگی کند.

سوختن ستارگان به خاطر فعل و انفعالات هسته‌ای است. داخل آن‌ها شبیه بمب‌های هیدروژنی عمل می‌کند. هیدروژن ستاره به‌هلیوم تبدیل شده انرژی آزاد می‌شود. ستارگان، بمب‌های هیدروژنی درحال انفجار هستند. جنس ستاره هیدروژن است. اصولا بیش از نود در صد آن‌چه در آسمان دیده می‌شود از جنس هیدروژن است. در خورشید یک اتفاق مهم رخ می‌دهد، هیدروژن می‌سوزد و گرما و نور به دست می‌آید. آن‌چه رخ می‌دهد فعل و انفعالات هسته‌ای است که طی آن

هیدروژن ناپایدار به هلیوم پایدارتر تبدیل می‌شود و از این راه مقدار بسیار زیادی انرژی به دست می‌آید. این یک انفجار هیدروژنی است و ما با یک کورهٔ بزرگ اتمی سرو کار داریم.

دراین انفجار، هیدروژن ستاره در تحولی که به‌چرخهٔ کربن معروف است به‌هلیوم تبدیل می‌گردد. در این فعل و انفعال مقدار زیادی انرژی آزاد می‌شود. انرژی آزاد شده به‌صورت‌های مختلف، از ستاره ساطع می‌شود. ستارگان مواد خود را به‌صورت امواج الکترومغناتیس، نور و حرارت به دنیای اطراف خود منتشر می‌کنند. جالب این‌جاست که ذرات مختلف مادی که درواقع ذرات داخل اتم هستند هم‌راه نور و انواع مختلف انرژی از ستارگان ساطع می‌گردند.

بعضی از این ذرات بسیار کوچک و سریع بوده هنگام رسیدن به زمین، مانند تور دانه‌درشت از آن عبورمی‌کنند. مواد سازندهٔ زمین خود از مولکول‌ها و اتم‌ها تشکیل گردیده که با فاصلهٔ نسبتا زیاد از یک‌دیگر قرارگرفته‌اند. اگر ذره‌ای که به سوی زمین می‌آید به‌اندازهٔ یک اتم باشد، زمین را مانند یک سنگ آتش‌فشان پر از خلل و فرج خواهد یافت. اما این ذرات به مراتب از اتم‌ها کوچک‌ترند و در نتیجه همان‌گونه که پشه‌ای از تور والیبال عبور می‌کند، از کرهٔ زمین گذشته از آن‌طرف آن خارج خواهند شد. شواهد تجربی در مورد ذرهٔ نوترینو صحت این گفته را نشان داده است. برای این که نوترینو، زمین را مانعی بیابد باید زمین از جنس سرب و به ضخامت چند سال نوری باشد.

حرکت سریع این ذرات و گرما و نور ستاره، بیانگر انرژی عظیمی است که از داخل ستارگان به خارج صادر می‌شود. همین انرژی‌ها هستند که در داخل خورشید مانند ستون‌های زیر ساختمان عمل می‌کنند و مانع حرکت و ریزش ذرات سطح ستارگان به‌سوی داخل آن‌ها می‌شوند. ستاره بسیار بزرگ و جاذبهٔ آن بسیار زیاد است. اگر این ستون‌ها وجود نداشتند تمام مواد سطح خورشید به سوی هستهٔ مرکزی آن فرو می‌ریخت.

ذرات گازهای تشکیل دهندهٔ ستاره زیر تأثیر دو نیرو قرار دارد. اول نیروی جاذبه که به سمت داخل ستاره عمل می‌کند دوم نیروی تخلیهٔ انرژی داخلی که به سمت خارج عمل می‌کند. به طور کلی علت این که ذرات گاز ستاره در اثر جاذبه، به سمت مرکز حرکت نمی‌کند این است که از داخل ستاره انرژی به سوی خارج پرتاب می‌شود و این نیرو مانند ستون یا شمعی که زیر ماده زده باشند از ریزش مواد به داخل ستاره جلوگیری می‌کند. ستاره این عمل را با آرامی تا مدت‌های زیاد ادامه می‌دهد.

وقتی ستاره قسمت اعظم سوخت خود رابه‌مصرف برساند چه اتفاقی می‌افتد؟ آیا ستاره به‌سادگی می‌میرد؟ پایان عمر ستارگان پدیدهٔ نجومی مهمی است. اگر ستاره از اول کوچک باشد پس از اتمام سوختش به تدریج سرد و سردتر شده موادش به سوی داخل جمع می‌شود و رنگ‌پریده و کوچک و سفید و بی رمق می‌شود. اگر کمی بزرگ‌تر از آن بوده باشد احتمال دارد با جمع شدن و کوچک شدن مقداری از انرژی داخلی در آن حبس شود و این انرژی داخلی سبب انبساط خورشید شود که در آن صورت خورشید ورم می‌کند بزرگ و قرمز می‌شود. تازه همین خورشید بزرگ و قرمز ممکن است پس از گذشت زمان کافی مجددا سرد و کوچک و سفید شود.

بعضی ستارگان به آرامی سوخت خود را تمام کرده تبدیل به کره‌ای قرمز و بی‌جان و رنگ‌پریده می‌گردند. این ستارگان به غول‌های قرمز موسومند زیرا در آغاز آن‌قدر جرم نداشتند تا در پایان منقبض گردند. آن‌ها با اتمام نیروی هسته‌ای منبسط می‌شوند. بعضی از این غول‌های قرمز محکوم به ماندن درسرمای ۲۷۰ – درجهٔ سانتی‌گراد فضای اطراف خود بوده اما دارای منبع سوخت نیستند. آن‌ها به آرامی شروع به سرد شدن کرده موقعی که کم‌کم بقایای حرارت خود را از دست دادند، منقبض می‌گردند. آن‌ها تبدیل به کرات رنگ‌پریده و کوچکی به‌نام‌کوتوله‌های سفید می‌شوند.

بعضی از غول‌های قرمز در لحظات مرگ، آخرین شعلهٔ شمع را فریاد سر

می‌دهند وبقایای انرژی ذخیره شده را یک‌جا خارج می‌کنند که این به Nova معروف است. در آسمان می‌توان انواع آن‌ها را دید. یعنی اگر خورشید اولیه باز هم بزرگ‌تر باشد موقع مرگ و جمع شدن به سمت داخل، مقدار بیش‌تری انرژی را زندانی می‌کند که این انرژی فقط تا حدی به خورشید اجازهٔ فشرده شدن می‌دهد و پس از آن حد باعث انفجار باقی ماندهٔ ستاره می‌شود. به این ترتیب خورشید در فضا پخش می‌شود و از آن چیز زیادی جز گازهای پراکنده نمی‌ماند که به آن نُوا یا «نو اختر» می‌گویند.

درمرکز ستارگان چه خبر است و ماده در کدام‌یک از چهار حالت طبیعی خود، جامد، مایع، گاز وپلازماست؟ در ساخت یک دیوار آجری ساده هنگامی که آجرها روی هم قرارمی‌گیرند مجموعهٔ آجرهای بالاسری به آجر پایینی فشاری وارد می‌کند که با ازدیاد ارتفاع دیوار بیش‌تر می‌شود. ارتفاع خاصی وجود دارد که در آن فشار وارد بر آجر پایینی آن‌قدر زیاد است که باعث له شدن آن می‌شود. اتم‌ها آجرهای دیوارهای مادی هستند. در ستارگان به‌خاطر بزرگی جثه و مقدار بسیار عظیم ماده، تعداد بسیار زیادی از اتم‌ها روی یک‌دیگر قرارمی‌گیرند. درنتیجه به اتم‌های مرکزی ستاره فشارهای خارق‌العاده زیادی وارد می‌شود. این فشار اتم‌ها را در هم می‌فشرد و فضاهای خالی بین اتمی تقلیل می‌یابد. این درهم فشردگی باعث بالا رفتن درجهٔ حرارت می‌شود. درجهٔ حرارت مرکز ستارگان بالاست. در ستاره‌های متوسط حدود شش میلیون درجه سانتی‌گراد است. هنگامی که به‌سوی مرکز ستارگان می‌رویم اول به مادهٔ مایع سپس به‌مادهٔ جامد می‌رسیم. مرکز ستارگان تنها جایی است که درآن احتمالا هیدروژن جامد داغ وجود دارد.

درمرکز ستارگان بزرگ وضع از این هم جالب‌تر خواهد بود. در آن‌جا فشار آن‌قدر زیاد است که حتا الکترون‌ها نیز از جای اصلی خود رانده می‌شوند. از آن‌جا که فضای خالی بین الکترون و هسته به‌مراتب بزرگ‌تراز قطر هستهٔ اتم است از بین رفتن این فضای خالی باعث درهم فشردگی بیش از حد مرکز و بالا رفتن چگالی آن می‌شود.

الکترون‌های آزاد شده با فشار به سوی پروتون‌ها رانده شده پس از تخلیهٔ الکتریکی و ایجاد جرقه بین این دو قطب مثبت و منفی، نوترون یا ذرهٔ سنگین بدون بار به‌وجود می‌آید. به‌این ترتیب مرکز ستارگان سنگین از نوترون خالص ویک‌پارچه درست شده که چگالی آن فوق‌العاده زیاد است. درمرکز ستارگان سنگین، انرژی خارق العاده‌ای نهفته است که تحت شرایط خاص آزاد می‌شود.

هنگامی‌که ستارهٔ بزرگی شروع به اتمام سوخت خود می‌کند، جاذبهٔ مرکزی فوق‌العادهٔ آن باعث می‌شود ذرات سطح ستاره که دراین حالت ستون‌های زیر خود را از دست داده‌اند به‌سوی مرکز ستاره حرکت کنند. ستاره شروع به‌انقباض می‌کند. وقتی این انقباض به‌حدی رسید که ته ماندهٔ انرژی‌های تشعشعی درونی با وزن مواد بالاسری برابر شد، مسالهٔ انرژی جنبشی این انقباض پیش می‌آید. نیروهای انقباضی از یک‌سو مواد را به‌داخل ستاره می‌فشرند واز سوی دیگر انرژی داخلی ستاره مانع از انقباض بیش‌تر می‌گردد. ستاره‌ای که انرژی داخلی‌اش زیاد باشد قادر به‌تحمل نیروهای انقباضی نیست و منفجرمی‌شود. این انفجار به «اَبَر نو اختر» یا Super Nova معروف است. در این حالت کورهٔ اتمی ستاره تبدیل به یک بمب بزرگ فضائی می‌شود.

انرژی باقی‌ماندهٔ ستاره در زمانی کوتاه بیرون می‌ریزد. ازآن‌جا که انرژی داخلی این انفجار بسیار زیاد است در آسمان به‌صورت تولد یک ستارهٔ پرنور جلوه می‌کند. یعنی ستاره‌های بزرگ به انفجار مهیب سوپر نوا یا «ابر نو اختر» دچار می‌شوند که از فواصل بسیار دور هم قابل مشاهده است. در این حالت ممکن است ستاره به تنهایی از مجموع ستارگان کهکشانی که در آن قرار گرفته پر نورتر شود. اگر توجه کنیم که یک کهکشان معمولا صد هزار میلیون خورشید دارد متوجه عظمت انفجار می‌شویم. اگر چه بخشی از ستارهٔ سوپر نوا در فضا پخش می‌شود اما از آن‌جا که این ستاره از آغاز بسیار بزرگ بوده، بخشی از آن در محل انفجار باقی می‌ماند. پس از انفجار چون دیگر تقریبا هیچ نوع انرژی داخلی وجود ندارد، باقی ماندهٔ ستاره شروع به فرو

ریختن به سوی مرکز می‌کند

درمورد ستارگان باز هم سنگین‌تر قضیه به همین‌جا ختم نمی‌شود. زیرا پس از این انفجار، ستاره که تمامی ساختمانش به‌هم ریخته است شدیدا فرو می‌ریزد و سریعا به انقباضی خشن دچار می‌شود. این انقباض سریع، تمامی ذرات ستاره را به سوی مرکز آن رانده حجم ستاره میلیون‌ها بار کوچک می‌گردد. درنهایت کره‌ای باقی می‌ماند بدون کوه و دره. کره‌ای صاف، شبیه به‌یک ساچمهٔ بزرگ با سطحی صیقلی. این کره که جنس آن تماما از نوترون خالص است از نظر خواص، شبیه خود نوترون است. درواقع یک نوترون بزرگ فضایی. کره‌ای بسیار فشرده با چگالی بالا. درهم‌فشردگی این کره، حد نهایی فشردگی قابل تحمل برای ماده است. در مرکز گازهای حاصل از انفجار یک ستارهٔ نوترونی به‌وجود می‌آید.

ستارهٔ نوترونی شبیه به یک نوترون بزرگ یا یک ساچمهٔ فضایی است و نبض آن می‌زند به این جهت به آن تپنده می‌گویند زیرا هنوز انرژی جنبشی نیروهای انقباضی در کارند تا کره را منقبض کنند اما نیروهای نگه‌دارندهٔ غائی ماده نیز مقاومت می‌کنند. از آن‌جا که این دو نیرو در حال تعادل هستند کره به نوسانی دائمی یا انقباض و انبساط دچار می‌شود و دراصطلاح نبض ستاره نوترونی دائما می‌تپد. به‌همین دلیل این ستاره به‌تپنده یا Pulsar معروف است. در کهکشان راه شیری چندین نمونه از تپنده‌ها مشخص شده‌اند. از آن‌جا که این ستارگان نور چندانی از خود ساطع نمی‌کنند دیدن آن‌ها باتلسکوپ‌های نوری امکان‌پذیر نیست و کشف و مطالعهٔ آن‌ها به‌وسیلهٔ رادیوتلسکوپ انجام می‌گیرد. ذرات ستاره‌ای که به پایان کار خود رسیده زیر تأثیر نیروی جاذبه، به سمت مرکز کشیده می‌شوند و ستاره فشرده‌تر و کوچک‌تر می‌شود و چگالی آن بالا می‌رود. هر قدر ستارهٔ اولیه بزرگ‌تر باشد سرعت و قدرت انقباض آن بیش‌تر می‌شود. کم‌کم کار به جایی می‌رسد که ماده نه تنها از حالت چهارم خود در می‌آید بل که به صورت گاز هم نمی‌ماند و بسیار فشرده‌تر می‌شود.

در مورد ستارگان بسیار سنگین‌تر سرعت ریزش ذرات به سوی داخل به حدی است که مادهٔ معمولی نه تنها به صورت جامد در می‌آید بل که کار از آن هم فراتر می‌رود و ماده بیش‌تر در هم می‌فشرد. در چنین فشردگی است که الکترون‌ها به سوی پروتون‌ها رانده می‌شوند. در برخورد الکترون و پروتون، بار اتمی هر دو از دست می‌رود و تبدیل به نوترون می‌شوند. فاصله و فضای خالی بین اتمی که مربوط به فاصله بین الکترون و هسته است از بین می‌رود و ستاره به یک ستارهٔ نوترونی تبدیل می‌شود. یعنی ستاره‌ای که تماما از نوترون خالص تشکیل شده است. در واقع ستاره در این حالت خودش یک نوترون بزرگ فضایی است. شکل آن کاملا کروی است چرا که چگالی آن بسیار بالاست و جاذبهٔ خارق العاده‌اش اجازهٔ حضور به هیچ گونه ناهمواری را نمی‌دهد. معمولا این ستاره با سرعت فوق تصور به دور خود می‌چرخد. ستاره هنوز مختصری انرژی درونی در خود ذخیره کرده که زیر تأثیر فشردگی خارق العادهٔ ماده، مانند فنر عمل می‌کند. در نتیجه مواد ستاره از یک سو زیر بار جاذبه، به سوی داخل کشیده می‌شود و از سوی دیگر انرژی داخلی فشرده شده جلو انقباض بیش از حد آن را می‌گیرد. درست مانند لاستیک پر باد اتومبیل در دست‌اندازها حالت فنری ایجاد می‌شود و ستاره منقبض و منبسط می‌شود. همین انقباض و انبساط دائم که از روی کرهٔ زمین نیز قابل رد یابی است باعث می‌شود احساس کنیم نبض ستاره می‌تپد، به همین جهت به آن‌ها پالسار یا تپنده یا تپ‌اختر می‌گوییم.

کشف این ستاره فوق‌العاده شورانگیز بود. اولین بار که رادیوتلسکوپ‌ها سیگنال منظم این تپنده‌ها را دریافت کردند به نظر رسید که موجودات زنده و ذی‌شعور فضاهای خارج قصد برقراری تماس با ما را دارند. زمانی که فاصلهٔ بعید منبع تپش تخمین زده شد همگان بر این باور شدند که این موجود ذی‌شعور باید به انرژی‌های عظیمی دست یافته باشد که می‌تواند از فواصل به این دوری چنین علائمی بفرستد اما هنگامی که مشخص شد که علائم دریافتی دائمی و ثابت هستند و تغییر نمی‌کنند معلوم شد که این علائم مربوط به هیچ موجود ذی‌شعور نیست الا این که بی‌شعور

باشد و موجود بی‌شعور نیز دارای چنین امکانات انرژی نیست. تا این که بالاخره در مراکز سوپرنواها سرچشمهٔ این تپش‌ها مشخص شد.

در کهکشان راه شیری، زوج ستارگان یا منظومه‌های دوتایی یا سه‌تایی یا چندتایی وجود دارند که ازچند ستاره تشکیل شده‌اند، هنگامی که یکی از ستارگان این منظومه تپنده باشد صحنه‌های بدیعی درآسمان برای منجمین محاسباتی به‌وجود می‌آید که می‌توان صحت نسبیت اینشتین رابه کمک آن‌ها مجددا تایید کرد.

زمانی که ستارهٔ بسیار عظیم‌تری به پایان عمر خود رسیده باشد حاصل آن سیاه‌چاله یا حفرهٔ سیاه خواهد بود. سیاه‌چاله محصول مرگ ستارگان بزرگ است. ستارهٔ بزرگ‌تر وقتی فرو می‌ریزد و فشرده می‌شود، در مرز ستارهٔ نوترونی توقف نمی‌کند و به انقباض خود ادامه می‌دهد. این‌جا اتفاق غریبی رخ می‌دهد که وجه تسمیهٔ حفرهٔ سیاه یا سیاه‌چاله از آن‌جاست. نام این هیولای مخوف آسمان‌ها در انگلیسی Black Hole است که ترجمهٔ آن «سوراخ سیاه» است. این یک سوراخ فضایی است که تمام مواد جهان ما را به جهان دیگری تخلیه می‌کند. اما از آن‌جا که این نام در زبان فارسی دارای بار عاطفی قوی است عده‌ای نام‌های مختلف از جمله «حفرهٔ سیاه» را پیش‌نهاد کردند تا آن که نام سیاه‌چاله در ادبیات پیدا شد و در اثر کثرت استعمال به تدریج جا افتاد. ستارهٔ درحال انقباض، در صورتی که به‌حد کافی بزرگ باشد به انقباض خود ادامه می‌دهد. در همین حال سرعت فرار از سطح ستاره دائما افزایش می‌یابد.

فرض کنیم می‌خواهیم یک توپ معمولی را به حرکت در آوریم به طوری که از یک سطح شیب دار بالا رفته به نقطهٔ بالای آن برسد. اگر به توپ انرژی حرکتی کوچکی بدهیم با سرعت اندکی از سطح بالا می‌رود و پس از طی مسافت مختصری دوباره باز می‌گردد. اگر سرعت را بیش‌تر کنیم بالاتر می‌رود اما مجددا باز می‌گردد. هر قدر سرعت را بیش‌تر کنیم بالاتر می‌رود تا زمانی که سرعت اولیه به مقدار مشخصی برسد که در آن موقع توپ از سطح بالا رفته به نقطهٔ بالای سطح می‌رسد و دیگر باز

نمی‌گردد. در این صورت می‌گوییم توپ از سطح اولیه فرار کرده. سرعت ضروری برای این کار را سرعت فرار می‌خوانیم. ارتباط این قضیه با ستارگان جالب است. فرض کنیم که سرعت فرار از روی کرهٔ زمین یازده کیلومتر بر ثانیه است. این سخن به این معناست که موجوداتی که با این سرعت و بیش‌تر حرکت می‌کنند قادر به خروج از کرهٔ زمین بوده بقیه روی کرهٔ زمین محبوس می‌مانند. یعنی اگر موشکی درست کنیم که با سرعت هشت کیلومتر در ثانیه به سمت بالا برود وقتی به حد کافی بالا رفت در مدار زمین قرار می‌گیرد و دور آن می‌چرخد. تنها در صورتی موشک قادر به خروج از کرهٔ زمین می‌شود که سرعتش از سرعت فرار کرهٔ زمین بیش‌تر باشد. اما سرعت فرار به چه عامل یا عواملی بستگی دارد؟ هم نیوتن و هم اینشتین معتقدند به جرم و به فاصله. ما اما برای این که وارد جزئیات فنی نشویم و به سادگی حرف‌مان را بزنیم بگوییم به چگالی یا به فشردگی. هر قدر جسمی فشرده‌تر باشد یعنی وزن مخصوصش بیش‌تر باشد جاذبه‌اش بیش‌تر می‌شود و هر قدر جاذبه‌اش بیش‌تر شد سرعت فرار از روی آن بیش‌تر می‌شود یعنی که فرار مشکل‌تر می‌گردد. سخن اینشتین ساده‌تر و ملموس‌تر از حرف نیوتن است. اینشتین می‌گوید هر قدر جرمی بزرگ‌تر باشد زاویهٔ سطح شیب دار بیش‌تر می‌شود یعنی جرم بیش‌تر فضا را گودتر می‌کند و سرعت فرارش بیش‌تر خواهد بود. به این ترتیب اینشتین در مورد جاذبه سخن نمی‌گوید، در مورد گودی فضا حرف می‌زند و می‌گوید گودی فضای اطراف هر جرم دارای یک سرعت فرار مشخص است. موقعی که ستاره منقبض می‌شود مسالهٔ واقعی رخ می‌نمایاند. ستاره دائما کوچک می‌شود و چگالی آن بالا می‌رود در نتیجه سرعت فرار از روی آن بیش‌تر می‌شود. اما یکی از مرزهای جهان، مرز سرعت نور است. زمانی خواهد رسید که سرعت فرار از ستاره به‌سرعت نور می‌رسد. در آن موقع حتا نور نیز قادر به فرار از سطح ستاره نخواهد بود. بله، حتا نور به تله می‌افتد. یعنی یک ستارهٔ روشن در آسمان یک‌باره ناپدید می‌شود.

در مورد ستارگان بازهم سنگین‌تر سناریو به این صورت است که پس از رسیدن

به مرحلهٔ ستارهٔ نوترونی به خاطر وجود مقدار بسیار زیاد ذرات مادی و انرژی انقباضی، ستاره به انقباضی وحشیانه دچار می‌شود. این انقباض و ریزش مواد به داخل با سبعانه‌ترین وضعی صورت می‌پذیرد و با مهیب‌ترین صدا و تخلیه انرژی همراه است. فشردگی از مرز نیروهای نگه‌دارنده ماده نیز در می‌گذرد و ماده را تا بی‌نهایت می‌فشارد. فشردگی بی‌نهایت یا نهایت فشردگی. در واقع ستاره به جایی می‌رسد که به آن نقطهٔ سینگولار یا تکینه می‌گوییم. سینگولاریتی یا تکینگی دارای تعریف مشخص ریاضی است. در حال حاضر فقط فرض کنیم تمام ستاره تا حد یک نقطه فشرده شده است. ستاره با یک دنیا نور و انرژی و سر و صدا به انقباض خود ادامه می‌دهد و سرعت فرار از روی آن نیز دائما افزوده می‌شود. هنگامی که سرعت فرار از روی ستاره از سیصد هزار کیلومتر بر ثانیه یا سرعت نور نیز بیش‌تر بشود چه اتفاقی رخ می‌دهد؟ هیچ چیز حتا نور نیز قادر به فرار از سطح این ستاره نخواهد بود. ما که از راه دور ایستاده‌ایم و به ستاره نگاه می‌کنیم، ستارهٔ پر نور و درخشان و پر فعالیتی را مشاهده می‌کنیم که یک‌باره خاموش می‌شود. آن‌چه باقی می‌ماند به‌نام حفرهٔ سیاه معروف است. سیاه‌چاله متولد می‌شود.

سیاه‌چاله واقعا سیاه است. سیاه به‌معنای دقیق فیزیکی کلمه. سیاهچاله نه تنها خود نمی‌تواند نوری ساطع کند، بل هرآن‌چه به سویش می‌رود، از جمله نورهای فضای اطراف را، بلعیده اجازهٔ انعکاس نمی‌دهد. آن چه به‌سوی آن می‌رود در داخل سیاهچاله افتاده دیگر قادر به‌بیرون آمدن نیست. جز باکمک یک تصادف بسیار پرشانس، نمی‌توان سیاه شدن حفرهٔ سیاه را با چشم دید. زیرا اولا این کار بسیار به‌سرعت انجام می‌گیرد ثانیا نتیجهٔ نهایی غیرقابل رویت است. یعنی سیاه‌چاله را مستقیمانمی‌توان دید اما امکان مشاهدهٔ غیر مستقیم آن وجود دارد. هرچه به سیاه‌چاله نزدیک‌تر شویم گودی فضا ـ زمان بیش‌تر می‌شود به‌طوری که نهایتا گودی به بی‌نهایت می‌رسد. دقیقا به این جهت است که سرعت فرار به بی‌نهایت می‌رسد. حفرهٔ سیاه از بدو تشکیل شروع به بلعیدن همهٔ جهان می‌کند. مرز حفرهٔ

سیاه سطحی فرضی است که دور حفره سیاه را فراگرفته است. در آن جا سرعت فرار دقیقا معادل سرعت نور است. این مرز به افق اتفاق یـا Event Horizon مـعروف است.

در انقباض بیش‌تر، ستاره به مراتب جمع‌تر می‌شود و عملا سیاه می‌گردد. همهٔ داستان سیاه‌چاله بعد از افق اتفاق رخ می‌دهد. یعنی تا قبل از آن، مـا بـا مسـائل متداول نجومی و ریاضی سر و کار داریم اما بعد از افق اتفاق، هـمه چـیز بـه هـم می‌ریزد. مکان چند بعدی همهٔ ابعاد خود را از دست می‌دهد و یک بعدی می‌شود. زمان چند بعدی می‌شود و ما می‌توانیم به اطراف زمان سفر کنیم و حتا به گذشته‌ها برویم.

در داخل افق اتفاق سیاه‌چاله همه چیز حتا ریاضیات و منطق ما به هم می‌ریزد. لبهٔ افق اتفاق جایی است که فضانورد شجاعی که در آن‌جـا گـرفتار شـده تـا ابـد بی‌حرکت به نظر می‌رسد. در واقع رفتن فضانورد به سمت مرکز دارای هیچ حرکتی نیست و ماندن آرام و متعالی روی لبهٔ افق اتفاق نیز دارای هیچ سکونی نیست.

اگر چه تعداد بسیار زیادی از دانش‌مندان در مورد سیاه‌چاله صاحب حقند اما اگر باید در مورد افتخار کشف آن فقط از یک نفر نام برد بدون تردید باید «شوارتزچیلد» منجم و ریاضی دان آلمانی را به یاد آورد که محاسباتش در سال ۱۹۱۷ بر مبنای نسبیت عام بر وجود این هیولای مخوف آسمان‌ها دلالت کرد.

افق اتفاق مرزی است که ما هرگز از داخل آن با خبر نخواهیم گردید. آن‌چـه فوق‌العاده جالب است توقف کامل زمان درلبهٔ افق اتـفاق است. درمـجاورت جـرم بی‌نهایت، زمان خواهد ایستاد. این نیز نتیجهٔ قطعی نسبیت است. سـیاه‌چاله کـه مانند دیوی گرسنه مشغول بلعیدن همهٔ فضا ـ زمان می‌گردد تمام غبارهای فضایی و ستارگان اطراف خود را بلعیده، هر قدر بیش‌تر می‌بلعد گرسنه‌تر می‌شود. در ریزش شدید و سریع و بی‌امان ماده به‌سوی حفرهٔ سیاه واقـعهٔ عـجیب و جـالبی نـیز رخ می‌دهد. فضا ـ زمان که از این بی‌عدالتی به جان آمده است فریاد جان خراشی از این

ظلم و مرگ نهایی سر می‌دهد: تشعشع شدید اشعهٔ ایکس. شروع این تشعشع قبل از مرزهای افق اتفاق است بنابراین به چشم و گوش ما نیز می‌رسد. وجود اشعهٔ ایکس در اطراف فضاهای تاریک و غیرقابل دیدن، دلیل روشنی بر وجود حفره‌های سیاه است. امروزه با کمک عکس‌برداری اشعهٔ ایکس از فضا وجود چند سیاه‌چاله قطعی شده است. معمولا سیاه‌چاله درمراکز کهکشان‌ها که در آن‌جا ستاره‌های بسیار بزرگ و مجتمع‌های فراوان ستاره‌ای موجود است ایجاد می‌گردد. متاسفانه برای ما – به خاطر حجاب‌های گوناگون و ابرهای فضایی – شانس دیدن مرکز کهکشان راه شیری موجود نیست اما ستارگان اشعهٔ ایکس در جاهای دیگر نیز کشف شده‌اند. هم‌اکنون ستاره‌شناسی اشعهٔ ایکس بخش مهمی از مطالعات نجومی را به خود اختصاص داده است.

ازموجودات عجیبی که درآسمان با آن‌ها برخورد کرده‌ایم باید ازشبه‌ستاره‌ها یا Quasar=Quasi Star نام ببریم که احتمالا کهکشان‌های سیاه شده هستند. شبه‌ستاره‌ها درفواصل بعید قرار دارند و خواصی شبیه حفره‌های سیاه از خود نشان می‌دهند. آن‌ها با سرعت‌های خارق العاده، حتا گاه تا ۰/۹ سرعت نور، از ما دور می‌شوند. وجود سیاه‌چاله فی‌نفسه فوق‌العاده خطرناک است. حتا اگر یک سیاه‌چاله درجهان تشکیل شود سرنوشت تمام جهان سیاه خواهد بود. اگر قد انسان ۲ متر باشد پس از آن‌که گرفتار سیاه‌چاله شد ۰/۰۰۰۰۰۰۱ سانتی‌متر خواهد شد. یعنی تقریبا پنج هزار برابر کوچک‌تر از میکروب‌های بیماری‌های تابستانه می‌گردند. اگر کرهٔ زمین دراثر حادثه‌ای تبدیل به سیاه‌چاله شود، قطرش در حدود سه‌سانتی‌متر خواهد شد. یک توپ پینگ‌پنگ فضایی. مصداق فیزیکی نقطهٔ تکینه.

با کمک سیاه‌چاله مدل کاملی ازجهان به‌دست می‌آید. پس از انفجار بزرگ و اتمام دورهٔ اول یا انبساط، تمام اجرام به‌سوی یک‌دیگر هجوم آورده انقباض آغاز می‌گردد. در برخورد اجرام به یک‌دیگر، حفرهٔ سیاه نهایی به‌وجود می‌آید. این موجود در جهان بعدی به‌صورت حفرهٔ سفید پدیدار گردیده به انفجار بزرگ دچار می‌شود.

انتظار می‌رود الگوی زمانی زیست جهان به این صورت باشد که چهارده میلیارد سال پیش آتش‌گوی نخستین منفجر شده، ما اکنون در نیمهٔ راه و در جهان انبساطی هستیم. چهارده میلیارد سال دیگر انبساط به نهایت خود می‌رسد و انقباض آغاز می‌شود. سی میلیاردسال پس از آن در جهان انقباضی، حفرهٔ سیاه نهایی شکل می‌گیرد که در جهان بعدی به شکل حفرهٔ سفید یا آتش‌گوی نخستین ظاهر می‌شود. درست مانند پوم تاک یک قلب که با باز و بسته شدن انگشتان یک دست شبیه سازی می‌شود. پوم = سی میلیارد سال. تاک = سی میلیارد سال. جهان کهکشانی شناخته شده در شصت میلیارد سال یک سیکل کامل طی می‌کند.

آخرین معنایی که از کلمهٔ جهان استنباط می‌شود، مجموعه‌ای شامل یک هزار میلیون کهکشان است که هر عضو این مجموعه، یعنی هر کهکشان شامل دویست هزارمیلیون ستاره، شبیه به خورشید خود ماست. امروزه اما، در کیهان‌شناسی نوین، به تمامی مجموعهٔ فوق که در فضایی به وسعت چهارده میلیارد سال پخش شده است به‌صورت یک حباب نگریسته می‌شود که در مجموعهٔ بی‌نهایت حباب دیگر قرار گرفته است.

پس از پیش‌رفت علم احتمالات، به ویژه با کاربرد کامپیوترهای نوین، دیده شد که ریاضیات بشری ساختمانی تصادفی است که در یک مجموعهٔ بی‌نهایت عنصری قرار گرفته است. به این معنا که در ریاضیات کنونی ما دیده می‌شود که بی‌نهایت نوع ریاضیات دیگر می‌توانست با (لااقل) همین اعتبار به وجود آید.

اعتبار ریاضیات و هر ساختمان دیگر را می‌توان با محاسبهٔ «ضریب پای‌داری» آن مربوط کرد. دست‌آوردهای اخیر کیهان‌شناسی نوین و ریاضیات باعث شده دانش‌مندان به جهان‌های دیگر بیندیشند و فکر کنند که این جهان‌ها به واقع وجود دارند.

جهان شامل همه چیز و هر چیزی است که ما می‌بینیم یا می‌توانیم در موردش شناسایی مستقیم پیدا کنیم. به این جهت عجیب به‌نظر می‌رسد که بتوان راجع به

جهان‌های دیگر سخن گفت.

نظریهٔ «استاندارد» پیدایش جهان کنونی، انفجار بزرگ، می‌گوید که تقریبا در حدود چهارده میلیارد سال پیش تمامی جهان کنونی از آتش‌گوی نخستین با فشردگی بی‌نهایت و درجه حرارت بی‌نهایت زاده شده است.

نقطهٔ ضعف اصلی نظریهٔ انفجار بزرگ مربوط به لحظهٔ تولد جهان است. مشکلات ریاضی‌فیزیکی محاسبهٔ «لحظهٔ خلق» باعث شد که منجمین و فیزیک‌دان‌ها در سال‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ به‌تدریج مفهوم لحظهٔ خلق را کنار گذاشته به جای آن لحظهٔ کوچکی پس از شروع جهان را که در واقع کسر کوچکی از ثانیه است در نظر گیرند و کوشش خود را متوجه تکمیل فرضیهٔ تکاملی جهان از آن لحظه به بعد کنند.

به این ترتیب، ترم جدیدی در ادبیات نجومی دنیا، به جای انفجار بزرگ معرفی شد: تکینگی یا «وحدت» یا Singularity که در واقع به تجمع همهٔ جرم‌ها، انرژی ها، مکان‌ها و زمان‌ها در یک نقطهٔ ریاضی‌فیزیکی دلالت می‌کند.

دست‌آورد عظیم دانش‌مندان در طی این مدت که بر مبنای اندازه‌گیری‌ها و محاسبات غیر قابل انکار علمی قرار دارد به راستی خارق‌العاده است. دقیقا یک‌ده‌هزارم (۰/۰۰۰۱) ثانیه پس از «وحدت»، درجهٔ حرارت محیط یک میلیون میلیون 10^{12} درجهٔ کلوین و چگالی ماده 10^{14} گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده است. این چگالی یعنی یک حبه قند از ماده در این شرایط صد میلیون تن وزن خواهد داشت.

این نظریه به‌خوبی نشان می‌دهد چه‌گونه در همان لحظات اولیه ۲۵ درصد هیدروژن جهان به هلیوم تبدیل شده است. اندازه‌گیری «صدای زمینه» به مقدار سه درجهٔ کلوین در تمام جهات فضا و دور شدن کهکشان‌ها از یک‌دیگر که از انحراف قرمز داپلر نتیجه می‌شود مؤید نظریهٔ فوق است.

جهانی که یک‌ده‌هزارم ثانیه عمر دارد، چه‌گونه به‌وجود آمده؟

مـدل‌های بسـیاری بـرای لحـظهٔ خـلق جـهان پـیش‌نهاد شـده است. پـر طرف‌دارترین آن‌ها، جهان دوره‌ای یا متناوب است که بر مبنای سـیکل «انـفجار بزرگ، انبساط کامل، انقباض بی‌نهایت، حفرهٔ سیاه نهایی، تولد حفرهٔ سفید در جهان بعدی، انفجار بزرگ» قرار دارد.

اما مشکلات ریاضی سیکل فوق که به‌هرحال اجازهٔ نزدیک‌تر شدن از ۰/۰۰۰۱ ثانیه به نقطهٔ تجمع یا وحدت را، چه در حفرهٔ سیاه و چه در حفرهٔ سفید (آتش‌گوی نخستین) نمی‌دهد، باعث شـده است کـه نـظریهٔ جـهان حـبابی کـه بـه‌خوبی بـا دست‌آوردهای ریاضیات و فیزیک و کیهان‌شناسی نوین می‌خواند پیش‌نهاد شود.

اندیشهٔ جهان حبابی بر مبنای مفهوم فیزیکی تورم یا Inflation قرار گرفته است. تورم حبابی به‌خوبی از عهدهٔ توضیح نرمی و یک‌نواختی جهان کنونی برمی‌آید. این نظریه هم‌چنین، بزرگ شدن نمایی (اکسپونانسیل) جهان را بعد از «وحدت» به‌خوبی نشان می‌دهد. تورم در واقع هنگامی آغاز شده که تمامی جهان کنونی در حجمی که از نظر کوچکی قابل مقایسه با یک ذرهٔ ابتدایی اتمی است فشرده بوده است. این نظریه به این ترتیب نشان می‌دهد که جهان کنونی چه‌گونه از «هیچ» به‌وجود آمده است، زیرا به‌کوانتوم‌های متغیر کوتاه‌عمر اجازه می‌دهد تا بی‌نهایت ورم کنند.

این نظریه نشان می‌دهد چه‌گونه در همان لحظات اولیهٔ پس از تـولد در هـر $۱۰^{-۳۴}$ ثانیه (بعد از صفر ممیز ۳۳ صفر دارد) اندازهٔ جهان دو برابر می‌شود. این رقم ممکن است معنای واقعی و علمی خود را منتقل نکند. معنای آن این است که در $۱۰^{-۳۳}$ ثانیه، اندازهٔ جهان ده (۱۰) بـار، دو بـرابـر شـده است یـعنی بـا فـاکـتور $۲^{۱۰}$=۱۰۲۴ بزرگ شده است و بعد از $۱۰^{-۳۲}$ ثانیه فاکتور بزرگی به $۲^{۱۰۰}$ (تقریبا $۱۰^{۳۰}$) می‌رسد، یعنی در زمانی به مراتب کم‌تر از یک چشم بر هم زدن، آن‌چه به اندازهٔ یک پروتون بوده تا حد یک طالبی ورم کرده است. البته لازم به تذکار است که اکنون ضرایب انبساط به مراتب کم‌تر بوده و پروتون‌ها طالبی نمی‌شوند.

در واقع نظریهٔ تورم نشان می‌دهد هر آن‌چه امروز می‌بینیم، روزگاری فقط بـه

صورت یک «دانه» یا بذر کوچک بوده که در محیط مناسب ورم (رشد) کرده به شکل کنونی در آمده است. این نظریه بر مبنای اصل عدم قطعیت هایزنبرگ قرار گرفته با بسط بسیار و البته به شیوهٔ ریاضی در محافل علمی عنوان شده است.

در حال حاضر این نکته فوق‌العاده جالب توجه است که جهان‌های این مجموعهٔ «بی‌نهایت جهان» می‌توانند با یک‌دیگر تفاوت‌های بنیادی داشته باشند، مثلا عوامل اصلی حباب ما: ماده (جرم)، انرژی (نور)، فضا، زمان (زمان‌مکان) و اطلاعات (انسان)، است که به صورت ملغمه‌ای تمامی این جهان را پر کرده است. اما نکتهٔ اصلی این‌جاست که به هیچ وجه ضرورت ندارد که عوامل اصلی حباب‌های دیگر نیز به همین صورت باشد. اگر چه بعید نیست که بتوان دو حباب یک‌سان در این مجموعهٔ کف صابونی پیدا کرد، اما به اغلب احتمال جنس این حباب‌ها با یک‌دیگر فرق دارد و عوامل دیگری در جنسیت آن حباب‌ها دخالت می‌کنند.

ذهنیت بشر به‌هیچ‌وجه نمی‌تواند از تصور ملغمهٔ ماده، انرژی، زمان، مکان و اطلاعات فراتر رود و اندیشیدن به چیزی سوای این‌ها جز در محدودهٔ ریاضیات محض، غیر ممکن است.

به این ترتیب اگر جهان مه بانگی خود را که به پوم تاک قلب یا باز و بسته شدن انگشتان دست مانند است از راه دور بنگریم، جهان‌های دیگری را نیز می‌بینیم که از جنس دیگرند و به حرکات دیگری مشغول.

اشکال این‌جاست که ما داخل این جهانیم و نمی‌توانیم از آن بیرون رفته و از راه دور به آن بنگریم.

اگر به یک کاسهٔ سالاد بنگریم، در آن سبزیجات و معدنی‌های مختلفی تشخیص می‌دهیم. اگر جهان ما خیار باشد جهان دیگر می‌تواند تا حدگوجه فرنگی با ما تفاوت داشته باشد. یا تا حد آب‌لیمو. یا تا حد نمک. یا به مراتب بیش از آن.

در حال حاضر ما هیچ اطلاعی از هیچ جهان دیگری جز جهان خود نداریم.

برای آنالوژی شاید بتوان گفت تفاوت بین حباب ما و حباب هم‌سایه، به‌عنوان

مثال، تفاوت بین گوشت چرخ شده و مستطیل است، تنها وجه مشترکی که شاید بتوان بین این حباب‌ها حدس زد «اطلاعات» است. آیا گوشت چرخ شده می‌تواند با مستطیل ارتباط اطلاعاتی برقرار کند؟

مطالعات اخیر نشان می‌دهد که مقدار ضدماده در جهان به‌مراتب بیش از آن است که در گذشته تصور می‌شد. مقدار دقیق ضدماده در جهان هنوز مشخص نشده است اما محاسبات کنونی نشان می‌دهد که قسمت اعظم مادهٔ جهان که در ضمن غیرقابل رویت است اساسا ماده نبوده و ضدماده است.

از آن‌جا که هیچ مانع علمی و فلسفی سر راه قبول «جهان ضدماده» وجود ندارد از هم‌اکنون برخی منجمین خود را آماده کرده‌اند اعلام کنند ما در جهان ضدماده زندگی می‌کنیم. از آن‌جا که ضدماده حقیقتی آزمایش‌گاهی است فرض وجود جهان ضدماده چندان هم غیر منطقی نبوده ما به خوبی می‌توانیم حادثه‌ای که اتم‌های ما را با هستهٔ مثبت و مدارات منفی ساخته است تبدیل به‌حادثهٔ معکوس کنیم.

در سراسر فضای قابل رؤیت دیده می‌شود که جهان از غبار فضایی (گاز هیدروژن) پوشیده شده است. چه عاملی به‌جز یک تصادف می‌تواند در مثبت بودن هستهٔ این اتم و در منفی بودن الکترون آن موثر باشد؟ حال که وجود ضدماده در جهان محقق شده است آیا امکان نداشت جهان از «ضد هیدروژن» با پروتون منفی و الکترون مثبت ساخته می‌شد؟

آیا ضدماده در این نیمه جهان می‌تواند آزادانه زندگی کند؟ ببینیم اگر چنین چیزی امکان داشته باشد رفتار جهان چه‌گونه خواهد بود. حقایق آزمایش‌گاهی نشان می‌دهد در ملاقات ماده و ضدماده انفجار شدیدی رخ خواهد داد که در نتیجهٔ آن مقادیر بسیار زیادی انرژی ساطع می‌شود. این انرژی بیش‌تر از نوع الکتریکی بوده تخلیهٔ آن خیلی سریع انجام می‌پذیرد. دقیقا این همان صحنه‌ای است که امروزه در فضا جلو چشمان ما قرار گرفته است. به‌این معنی که در فضا انفجارات زیادی رخ می‌دهد که بعضی از آنان با هیچ‌کدام از نظریه‌های دیگری که تاکنون

شناخته شده‌اند قابل توجیه نیست.

دلیل انفجار عظیمی که در حدود یک قرن پیش در شمال سرزمین روسیه و در سیبری باعث تخلیهٔ مقادیر عظیمی‌انرژی و تخریب سرزمین‌های وسیعی گـردید هنوز جزو اسرار طبیعت به‌شمار می‌رود. آیا سنگی از جنس ضدماده با کـرهٔ زمـین برخورده است؟

در جهان ضدماده اوضاع از چه قرار است؟ آیا فضازمان گود خواهد بود یا برآمده می‌گردد؟ آیا نور جذب ضدماده می‌شود یا از آن دور می‌گردد؟ خود نور، چه و چه‌گونه خواهد بود؟ اوضاع جرم و گرانش چه‌گونه خواهد بود؟ یک دافعهٔ ساده؟ یـا بـازهم جاذبه؟ در حال حاضر جواب دقیق این سوآلات مشخص نیست.

برای بررسی جهان ضد ماده، مجبور به‌ورود به‌دنیای فانتزی تـخیلات عـلمی می‌شویم. اصولا یک روش به‌دست آوردن تـئوری‌های عـلمی و کشـف «قـوانـین طبیعت!» روشی شاعرانه و تخیلی است. خیال‌پردازی گاه کمک‌های بزرگی به‌حل مسائل می‌کند. گفته‌اند آن‌چه روزی در گذشته به‌خیال درآمده است می‌تواند در آینده به‌وقوع پیوندد. گواه این گفتار، تخیلات عجیب پیشینیان و پیش‌رفت‌های شگرف علمی‌خود ماست. بحث‌های تخیلی یک وسیلهٔ مهم فهم جهان است.

اگر حمل برشوخی نشود، شاید بتوان گفت در جهان ضدماده همه چیز وارونـهٔ جهان کنونی خواهد بود. اگرچه برای ما تصور کسی که به‌طور معکوس و از پـایین به‌بالا می‌نویسد کمی‌مشکل است، ولی این دقیقا هـمان چـیزی است کـه اتـفاق می‌افتد.

در جهان ضدماده احتمالا تمامی پدیده‌ها معکوس هسـتند. در نـتیجه درجـهٔ حرارت صفر مطلق و سرعت نور که در جهان ما به‌ترتیب مرزهای پایینی و بالایی هستند، برای آنان مرزهای بالایی و پایینی خواهد شد. یعنی برای آنان گـرم‌تـر از صفر مطلق و آهسته‌تر از سرعت نور وجود نخواهد داشت! آیا داخل حفره سیاه این گونه است؟

به‌غیر از «ضدجهان» تشکیل شده از ضدماده، می‌توان از سایر جهان‌های دیگر نیز صحبت کرد، به‌عنوان مثال می‌توان از نیمهٔ دوم جهان کنونی که به‌نام جهان انقباضی شناخته شده است سخن گفت. اگرچه برای بررسی خواص جهان انقباضی چندان رخصت ورود به‌دنیای تخیلات علمی‌نیست، ولی در این مورد سوآلات بسیار اساسی و بعضا نامانوس مطرح است که بررسی آنان کم از قدم گذاردن به‌دنیای خیالات علمی نیست.

آیا در نیمهٔ دوم جهان، اصل دوم ترمودینامیک، اثر داپلر، کوانتوم مکانیک، نسبیت، اصل بقاء انرژی، اصل لختی و سایر اصول شناخته شدهٔ این نیمه جهان برقرار است؟ دربارهٔ این سوآلات در حال حاضر نمی‌توان بحث زیادی کرد ولی از آن‌جاکه «نیمه‌جهان دوم» دنبالهٔ «نیمه‌جهان اول» است، با احتمال بسیار زیاد در آن نیز وقایع به‌صورت احتمالی رخ می‌دهد که برای مطالعهٔ آن باید از آمار کمک گرفت.

زیباترین حالت موقعی است که طبیعت شوخ‌چشمی‌کرده و اصل عدم قطعیت در آن‌جا نیز صادق باشد. در این صورت آیا نمی‌شود گفت که بچه‌های مدرسهٔ «نیمهٔ دوم جهان» به‌عنوان اولین درس هندسه‌فیزیک از اصل عدم قطعیت شروع کرده آخر سر به هندسهٔ اقلیدس ختم خواهند کرد؟

ضمیمه‌ها

فیزیک نظری تنها شاخهٔ اندیشگی بشری نیست. اگر نگاهی بـه ریـاضیات، فلسفه و سایر شاخه‌ها بیندازیم با نام‌آورانی چون پوانکاره (فرانسه ۱۹۱۲-۱۸۵۴) پوپر (اتریش - انگلستان ۱۹۹۴-۱۹۰۲) و دیگران مواجه می‌شویم. دست آوردهای اســاسی و مـهمی در کـارهای پـیشینیان هست کـه بـه عـنوان مـقدمهٔ شـناخت دست‌آوردهــای امــروزین بــاید بـا آن آشـنا بـود. از آن جـمله است قـانون دوم ترمودینامیک که رکن اساسی هر نوع مطالعهٔ فلسفی امروزی است. هم‌چنین است ساختارهای هندسی اقلیدس (مصر، سه قرن قبل از میلاد) لوبـاچفسکی (روسـیه ۱۸۵۶-۱۷۹۲) و ریمان (آلمان ۱۸۶۶-۱۸۲۶) که بدون آن نمی‌توان تـصوری از فضاهای وقوع فلسفهٔ علمی امروز به دست آورد...

مطالعهٔ قانون دوم ترمودینامیک، رکن اساسی هر نوع مطالعهٔ فلسفی امروزی است. به گفتهٔ استیون هاوکینگ، تنها قانونی که در هر نظریهٔ فراگیر جهانی وجود خواهد داشت، اصل دوم ترمودینامیک است. اگر حرف‌ها و نظریه‌ات با مـعادلات ماکسول هم‌خوان نیست بد به حال ماکسول، تئوری او را کنار بگذار. اگر حرف‌هایت با بعضی آزمایش‌ها یا مشاهدات هم‌خوان نیست می‌توانی بگـویی: «گـاه اوقـات دست‌گاه‌های اندازه‌گیری درست کار نمی‌کنند یا به حد کافی دقیق نیستند و آزمایش نهایی و اثبات کننده می‌تواند در راه باشد» اما، وای به حالت اگر نظریه‌ات در تضاد با «قانون دوم ترمودینامیک» قرار گرفته باشد، سخنت را به اولین سطل زباله پرتاب

کن پیش از آن که خودت را با تحقیر و تمسخر به زباله‌دان بیندازند.

مرز حرارتی یا برودتی ۲۷۳/۱۵- درجهٔ سانتی‌گراد است و از آن سردتر وجود ندارد. این مرز را صفر مطلق یا صفر کلوین هم می‌گویند. این حد نهایی برودت، به‌قانون دوم ترمودینامیک مربوط می‌شود.

در قانون دوم ترمودینامیک، یک عامل مهم و تعیین کنندهٔ فیزیکی به نام آنتروپی تعریف می‌شود. آنتروپی را با زبان بسیار ساده می‌توان به‌صورت «عکس استعداد انجام کار» بیان کرد به‌این ترتیب که هرقدر آنتروپی یک سیستم کم‌تر باشد استعداد انجام کار آن سیستم بیش‌تر است و بالعکس.

سعدی کارنو (فرانسه ۱۸۳۲-۱۷۹۶) در عمر کوتاهش یکی از مهم‌ترین قوانین طبیعت را کشف کرد. او نشان داد کل تحولات جهان ما به‌گونه‌ای است که آنتروپی جهان دائما افزایش می‌یابد یعنی جهان دائما در حال انجام کار است و هر چه بیش‌تر کار می‌کند بیش‌تر «استعداد انجام کار» خود را از دست می‌دهد. این قانون را به‌صورت‌های گوناگون می‌توان بیان کرد و برای آن تعابیر و تعاریف مختلف می‌توان ارائه داد. بیان صحیح آن به‌طور اخص و ادامهٔ این بحث به‌طور کلی بدون ورود به‌ریزه کاری‌های فنی ممکن نیست. بیان دیگر قانون دوم: «هنگامی که تحولات در سیستم‌های بسته رخ می‌دهند باعث ازدیاد آنتروپی سیستم می‌گردد و اگر کل جهان را یک سیستم بسته در نظر بگیریم، تحولات طبیعی هرگز در جهت عکس رخ نخواهد داد».

بیان دیگری از این قانون چنین است: «در این جهان محال است بتوان ماشینی ساخت یا سیستمی را تصور کرد که بازده آن صددرصد باشد. این امر ارتباطی به‌بازدارندگان مختلف از قبیل اصطکاک ندارد و از خواص درونی سیستم یا به‌عبارت بهتر از خواص درونی جهان است». این تعریف، هرچند ناقص، تا حدودی نمایان‌گر اهمیت قضیه است.

ماشین‌ها و به‌طور کلی سیستم‌ها باید بین دو منبع (در این‌جا دو منبع حرارتی)

یکی گرم و یکی سرد واقع شوند تا قادر به‌انجام کار باشند و جریان حرارت از منبع گرم به‌منبع سرد باعث انجام کار می‌شود. در واقع نه تنها تبدیل تمام «انرژی» جاری به «کار» غیرممکن است بل‌که بخش اعظم انرژی به‌داخل منبع سرد تخلیه می‌شود.

بیایید به‌شیوه‌ای فرضی قسمتی از جهان را از بقیهٔ جهان جدا کنیم و آن را سیستم بخوانیم. فرض کنیم که این سیستم یک آبشار و دریاچهٔ زیر آن باشد. بقیهٔ جهان در داخل سیستم نیست و از نظر ما وجود ندارد (تعریف سیستم). در بالای آبشار، آب دارای استعداد زیادی برای انجام کار یا «ریزش» است ولی این آب در پایین دست جریان، استعداد انجام کار ندارد. می‌توان یک مولد برق، سر راه آبشار قرار داد و از آب برق گرفت. چون آنتروپی عکس استعداد انجام کار است، در بالای آبشار آنتروپی حداقل و در پایین، آنتروپی حداکثر خواهد بود. به‌عبارت دیگر در ازدیاد آنتروپی مقادیری کار مفید به‌دست می‌آید. این تعریف دیگری از قانون دوم ترمودینامیک به‌دست می‌دهد.

آنتروپی را می‌توان نمایشگر بی‌نظمی سیستم نیز معرفی کرد. هر قدر آنتروپی بیشتر شود بی نظمی‌بیشتر می‌شود. به‌طور کلی تحولات طبیعی در جهت ازدیاد بی‌نظمی یا در جهت ازدیاد آنتروپی است. مثلا هنگامی که یک حبه قند را داخل چای داغ می‌اندازیم، پس از مدتی قند شکل خود را از دست داده به‌تدریج وا می‌رود و تبدیل به پودر یا خاکه قند می‌شود. سپس بخشی از آن در مایع حل می‌شود و بخش دیگری به‌صورت پودر باقی می‌ماند. آیا می‌توان تحول برعکسی را مجسم کرد که به‌داخل چای داغ، خاکه قند بریزیم و پس از مدتی حبه‌قند از داخل چای به‌دست آوریم؟

آنتروپی نمایندهٔ بی‌نظمی سیستم است. هرقدر زمان جلوتر می‌رود آنتروپی بیش‌تر می‌شود و سیستم بی‌نظم‌تر می‌گردد. اگر جهان را به صورت سیستم بسته در نظر بگیریم جهان با سرعت به سوی بی‌نظمی بیشتر در حرکت است.

ازدیاد آنتروپی نشان می‌دهد تمام تحولات طبیعی در جهت از دست دادن نظم و ازدیاد بی‌نظمی است. در لحظات اول انفجار بزرگ، آنتروپی جهان نزدیک به صفر و استعداد انجام کار بسیار زیاد بوده است. نظم در حداکثر خود حضور داشته. اکنون پس از چهارده میلیارد سال، نیمی از راه طی شده و اگر چه هنوز مقداری نظم مشاهده می‌شود اما بی‌نظمی قابل مشاهده است. آنتروپی جهان بالا رفته و بالاتر می‌رود. جهان به سوی پودر شدن می‌تازد و آنتروپی و بی‌نظمی هر لحظه بیش‌تر می‌شود. ما فرزندان تحول «از نظم» به سوی «بی‌نظمی» هستیم. کل حرکت نیمه جهان ما به‌سوی بی‌نظمی بیش‌تر است. چرا نیمه جهان؟ زیرا جهان کنونی ما نصف جهانی است که تاکنون شناخته‌ایم.

در فیزیک حرارت، آنتروپی به‌صورت رابطه‌ای بین «حرارت» و «درجهٔ حرارت» سیستم بیان می‌گردد که می‌توان آن را رابطهٔ بین «بود» و «نمود» سیستم نامید. در واقع خاصیت اصلی آنتروپی این است که ما را به‌درک «بودن» طبیعت از طریق مشاهدهٔ «شدن» آن کمک می‌کند. واحد آنتروپی «کالری تقسیم بر درجهٔ حرارت» است و تعریف دقیق آن که از عمده‌ترین دل‌مشغولی‌های بخشی از علوم است در عمل جز با کمک ریاضیات میسر نیست.

اگر یک اتومبیل معمولی را به صورت سیستم در نظر بگیریم، بنزین و موتور احتراق داخلی آن را «منبع گرم» و لوله اگزوز آن را «منبع سرد» می‌نامیم. همان طور که ماشین بدون بنزین کار نمی‌کند، اگر دست خود را جلوی اگزوز بگذارید و جلوی خروج گازها را بگیرید یعنی منبع سرد را حذف کنید، ماشین از کار می‌افتد و خاموش می‌شود. برای انجام کار حتما به دو منبع گرم (سوخت بنزین) و سرد (خروجی اگزوز) نیاز داریم.

کارهای کارنو پایهٔ تعریف «درجه حرارت مطلق ترمودینامیکی» قرار گرفت. بازده کارنو به صورت $e = 1 - T2 / T1$ است. در این رابطه e بازده ماشین و T1 و T2 درجات حرارت مطلق ورودی و خروجی است. می‌توان نشان داد که بازده هر

ماشینی که بین این دو منبع حرارتی کار کند کم‌تر از بازده کارنو است. یعنی بازده کارنو حد بالای بازده ماشین‌های واقعی را مشخص می‌کند. به‌این ترتیب برای بالا بردن بازده هر ماشین ضروری است که به‌درجهٔ حرارت منبع گرم افزود یا از درجهٔ حرارت منبع سرد کاست.

درجه حرارت منبع گرم بستگی به‌مقدار انرژی مصرفی دارد که محدود به‌مسائل کم‌بود انرژی است. درجهٔ حرارت منبع سرد به‌محیط تخلیهٔ گازهای خروجی، اتمسفر، یا عوامل سردکننده مثل برج خنک‌کننده، بستگی دارد. حداکثر بازده کارنو موقعی است که T2 / T1 به‌سمت صفر میل کند و این هنگامی امکان‌پذیر است که یا درجه حرارت ورودی «بی‌نهایت» باشد که عملا امکان‌ناپذیر است یا درجه حرارت منبع سرد با مقیاس کلوین صفر شود که عملا برابر با ۲۷۳/۱۵- درجه سانتی‌گراد است.

این درجه حرارت صفر مطلق نامیده می‌شود. به‌این ترتیب رابطهٔ کارنو درصورتی دارای بازده واحد (صد درصد) خواهد شد که منبع سرد دارای درجه حرارت صفر مطلق باشد. تنها چنین ماشینی است که می‌تواند تمامی حرارت ورودی را به‌کار تبدیل کند.

درجات حرارت بسیار پایین، اما نه صفر مطلق، دست یافتنی هستند. اندازه‌گیری درجهٔ حرارت «فضای خالی» یا فضای بین کهکشان‌ها در حدود ۲۷۰- درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد. دانش‌مندان در آزمایش‌گاه‌ها با شیوه‌های مختلف قادر به‌ایجاد سرماهای پایین‌تر، در حدود ۲۷۲- درجه سانتی‌گراد شده‌اند اما تمامی تلاش‌های تجربی برای رسیدن به‌صفر مطلق عملا با شکست مواجه شده است.

بهترین شیوهٔ سرد کردن محیط از هلیوم مایع شروع می‌کند که دارای درجه حرارت بحرانی ۴/۲ درجه کلوین است. اگر به‌سرعت بخار آن را پمپ کنیم به‌درجه حرارت بسیار پایین‌تر می‌توان دست پیدا کرد.

در درجات حرارت بسیار پایین در داخل ماده اتفاقات غریبی رخ می‌دهد که

مکانیک کلاسیک قادر به‌بررسی آن‌ها نیست. در نزدیکی این درجه حرارت تعداد بسیار زیادی از خواص جدید ماده ظهور می‌کند به‌طوری که شاخهٔ جدیدی از علم فیزیک به‌نام کرایوجنیکس (Cryogenics) برای بررسی خواص ماده در این درجه حرارت به‌وجود آمده است.

به‌طور کلی می‌توان گفت در این درجه حرارت، ماده به‌صورت مألوف نمی‌تواند وجود داشته باشد. در عمل نیز برای سرد کردن محیط مشکلات بسیاری وجود دارد و کارهای تجربی در نزدیکی این درجه حرارت به‌طرزی خارق‌العاده مشکل می‌شود به‌طوری که دانش‌مندان زیادی معتقد شده‌اند امکان دست‌یابی به‌چنین درجه حرارتی در آزمایش‌گاه وجود ندارد.

دیدیم که آنتروپی هر سیستم بسته، به‌طور دائما فزاینده در حال افزایش است و محال است بتوان تحولی داشت که در طی آن آنتروپی سیستم تنزل کرده یا ثابت بماند. معنای سادهٔ این کلام بسیار بدیهی می‌نماید. جهان دائمادر حال انجام کار و در نتیجه در حال از دست دادن استعداد انجام کار است.

منحنی آنتروپی در جهان کنونی دائما صعودی است. در جهانی که آنتروپی آن دائما فزاینده است، هرچه به‌عقب برگردیم آنتروپی کم‌تر می‌شود و در این صورت ما به‌آنتروپی صفر خواهیم رسید. یعنی دنیا عملا از حالت «استعداد انجام کار بی‌نهایت» شروع کرده است. این به حدوث جهان از انفجار بزرگ دلالت می‌کند. البته همیشه این علاقه وجود داشته که بپرسیم قبل از انفجار بزرگ و پیش از آتش‌گوی نخستین، دنیا در چه حال بوده است.

فیزیک‌دان نوین، با تناقض «حدوث جهان قدیم» یا «قدمت جهان حادث» روبه‌روست. تناقض مذکور جز با وجود جهان دوره‌ای یا متناوب قابل بررسی نیست. نشانهٔ فیلسوفانهٔ جهان متناوب، نهادهای فکری جوامع علمی را به‌کلی تحت تاثیر قرار داد.

ازدیاد آنتروپی سرچشمهٔ لایزال سوآلات گوناگون است. سوآلات اساسی که

طرح آن‌ها از اهمیتی خارق‌العاده برخوردار است. در حوالی انفجار بزرگ اوضاع آنتروپی چه‌گونه است؟ در نقطهٔ پایان انبساط جهان، آنتروپی چه وضع و چه مقداری دارد؟

محور زمان پس از پایان انبساط جهان چه‌گونه است؟ آیا ما اجازه داریم که این محور را باز هم ادامه دهیم؟ آیا در آینده چیزی به‌نام «زمان» وجود خواهد داشت؟ آیا برای ما که به‌مرگ خود یعنی به‌مرز وجود تعریف شدهٔ خود به‌عنوان مجموعهٔ ملکول‌ها (با متلاشی شدن این ملکول‌ها) رسیده‌ایم و مغزمان دیگر وجود ندارد تا فعالیت فکری انجام دهد رخصت اضافه کردن کلامی دیگر باقی است؟

نقطهٔ شروع محور زمان چگونه است؟ می‌دانیم که ساعت‌های ما از انفجار بزرگ به‌بعد شروع به‌کار کرده‌اند. آیا مفهوم «قبل از انفجار بزرگ» یک مفهوم صحیح است؟ شروع زمان از یک نقطهٔ معین به‌چه معناست؟ آیا اصولاً آن‌جا پرت‌گاه جهانی مغز نسبی ماست؟

آیا می‌توانیم سیکل‌های دیگری به‌چنین جهانی اضافه نموده به‌آن مفهومی ممتد بدهیم؟ اصولاً کشیدن محوری به‌نام محور زمان در این جهان، جهانی که در آن چیز مجردی به‌نام زمان وجود ندارد صحیح است؟ اگر برای محور افقی، زمان را با مفهوم متداول آن انتخاب نکنیم چه چیز دیگری را می‌توانیم انتخاب کنیم؟

سوآل‌های دیگر درمورد محور آنتروپی، نقاط اولیه و انتهائی آن و شکل کلی این محور است. آیا اصولاً چیزی به‌نام آنتروپی صفر و آنتروپی بی‌نهایت وجود دارد؟ آیا اصولاً محور آنتروپی را می‌توان به‌صورت یک خط سادهٔ اقلیدسی نشان داد؟ و اگر خط راست نیست چیست؟

به‌طور کلی از نظرگاه فیزیک حرارت می‌توان به‌سوآلاتی مثل جهان قدیم و جهان حادث دوباره‌نگری کرد. در دنیای قدیم محورهای مختصات پیش‌گفته یک‌دیگر را قطع می‌کنند و هیچ کدام از صفر شروع نمی‌شوند. منحنی آنتروپی نیز محور زمان را قطع می‌کند (جای آن مهم نیست). قبل از تقاطع، استعداد انجام کار

منفی می‌شود به‌طوری که عملا منحنی باید پاره شود و سیر پیوستهٔ زمان، ما را به امروز نَرِسانَد.

از این روست که «بودن در امروز» به‌ما اجازه می‌دهد بگوییم جهان کنونی ما حادث است. حدوث جهان از سرچشمهٔ آن یعنی آتش‌گوی نخستین بوده که عملا مرز دانش ما به‌شمار می‌آید به‌طوری که محال است بتوان تلسکوپی ساخت که قبل از انفجار بزرگ را ببیند و ساختن تلسکوپی با قدرت دید ۱۴ میلیارد سال، حد نهائی توان فنی بشر محسوب می‌شود. قابل ذکر است که بشر هم‌اکنون بسیار نزدیک به‌این حد قرار گرفته و مشغول به‌ساختن تلسکوپی با قدرت حدود ۱۴ میلیارد سال شده است.

در پاسخ به‌سوآلات مربوط به‌مقاطع شروع و پایان جهان پیش‌نهادهای مختلف طرح می‌شود. البته توجه داریم که بسیار محتمل است فیزیک‌دان قرینه یا فیزیک‌دان جهان انقباضی، عکس این مطلب را بگوید و برای او آنتروپی سیستم‌های بسته، دائما نقصان کند.

آن‌چه در حال حاضر به‌طور قطع بیان می‌شود، دو نکته است:

۱ – سیر صعودی دائما فزایندهٔ آنتروپی در جهان منبسط شوندهٔ کنونی.

۲ – درجه حرارت صفر مطلق (۲۷۳/۱۵– درجهٔ سانتی‌گراد) که به‌عنوان مرز قطعی حرارتی بشر بوده به‌این جهت صحبت از ۲۷۴– درجهٔ سانتی‌گراد را خیال‌پردازانه می‌نمایاند.

گفتیم که در دورهٔ کنونی یعنی از انفجار بزرگ تا توقف انبساط، آنتروپی سیستم‌های بسته دائما فزاینده است. آیا می‌توان جهانی را به‌تصور درآورد که اصل دوم ترمودینامیک درآن صدق نکرده یا به‌صورت دیگری مطرح باشد؟ و آیا زندگی ما که درمرحلهٔ انبساطی شروع شده دارای خواصی هست که در مرحلهٔ انقباضی نیز به‌وجود آید؟

در حال حاضر هر قدر تلسکوپ‌ها و میکروسکپ‌ها را بهتر می‌کنیم به هیچ حدی

نمی‌رسیم. حدود تقریبی فعلی جهان، وسعت چهارده میلیارد سالی جهان بزرگ و حضور کوارک در جهان کوچک است. برای قطعیت اما، ضروری است که در یکی از دو جهان کوچک یا بزرگ به دیوار برسیم. تاکنون در هیچ یک از دو جهان میکروسکپی و تلسکوپی به‌هیچ حد قطعی نرسیده‌ایم. برعکس، در هر دو جهان تاکنون مسالهٔ ساختن ابزارهای بهتر برای گسترش دید بیش‌تر مطرح بوده است.

برای بحث در مورد زمان و نظر به اهمیت موضوع باید یک بار دیگر بحث آنتروپی را مرور کنیم. «آنتروپی» یک کمیت بغرنج فیزیکی است و نمی‌توان آن‌قدر ساده‌انگار بود که آن را با کمک کتاب لغت تعریف کرد. آنتروپی نوعی متر و معیار بی‌نظمی است.

در بالای آبشار که آب دارای استعداد انجام کار یا «ریزش» است آنتروپی سیستم مینیمم است، درجات نظم بالاست، به نظر می‌رسد آب هدف‌مند است، می‌خواهد جاری شود، سرازیر شود و بریزد. در پایین آبشار که آب دارای این استعداد نیست آنتروپی ماکزیمم است، انرژی‌ها از بین رفته، بی‌نظمیِ پخش شدن یا ولو بودن همه‌جا به چشم می‌خورد. اکنون به نظر می‌رسد هدفی در کار نیست. هر چه پیش آید خوش آمده. در حرکت از نظم به سوی بی‌نظمی، که حرکت کل جهان است، می‌توان سر راه آبشار یک توربین مولد برق قرار داد و از آب کره گرفت.

وقتی از دور آبشار زیبا را می‌دیدیم ساده و منظم بود اما وقتی آن جوان برای آب‌تنی زیر آبشار رفت دیدی چه حرکات نامنظمی داشت؟ هم سنگ‌ریزه‌ها برسرش می‌خورد هم گرفتاری دیگری پیدا کرد. (آب‌تنی در ملاء عام؟) آبشار برای ناظری که خارج از سیستم باشد منظم و برای ناظری که داخل سیستم باشد نامنظم است.

سیر آنتروپی در جهان کنونی صعودی است و جهان ما برای خود ما به‌عنوان ناظری که داخل سیستم هستیم نامنظم است. البته اگر ما بتوانیم از جهان بیرون برویم و به‌آن نگاه کنیم می‌توانیم نظم را ببینیم اما ما نمی‌توانیم از جهان بیرون

برویم و هرکجا برویم داخل جهان است. یادمان باشد که فضا و زمان ملغمه هستند، ما بیرون زمان نیز نمی‌توانیم بایستیم. فقط مرگ، زمان خصوصی ما را متوقف می‌کند.

فلسفهٔ وجودی خدا همین جاست. جهان فقط برای خدا ـ ناظر بیرون از جهان ـ منظم است ولا غیر. اما ما خدا نیستیم و با این شیمی مندلیفی نمی‌توانیم هم خدا بشویم. نظریهٔ انسان‌خدایی عرفان هم به همین دلیل درست کار نمی‌کند. دانش امروز محدودهٔ مشخص خود را دارد. خارج از آن مرزهای الاهیات و عرفان است. دیدیم که آنتروپی صفر به هدف مطلق دلالت می‌کند. اگر نام آن را خدا بگذاریم، به بیان ارسطو، خدا به عنوان محرک اول، حتا اگر خودش هم بخواهد نمی‌تواند وجود نداشته باشد.

آزمایش‌گاه می‌گوید اگر همهٔ انسان‌ها نیز بکوشند نمی‌توانند آنتروپی صفر را اختراع کنند. پس ما به جای وجود، در مورد حالت وجود صحبت می‌کنیم. بررسی وجود یا عدم خدا مسالهٔ علم نیست، مقولهٔ دین است. البته روزگاری فکر می‌کردیم جهان قانون‌مند است و با این تفکر رل خدا را بازی می‌کردیم اما هرچه علم جلوتر رفت قطعیت‌ها کم‌تر شد، کلماتی مثل تقریبا، اگر، شاید، فرضا و امثال این‌ها بیش‌تر شد و کاربردهای عمده‌تری پیدا کرد و کلماتی مثل قطعا، بی‌تردید، صددرصد و امثال این‌ها کم‌رنگ‌تر شد. در آن روزگار ما خیال می‌کردیم «تصادف نادانی ماست» که این سخن از باور ما در مورد جهان منظم قانون‌مند نشأت می‌گرفت. امروزه مشخص شده: «تصادف خاصیت ذاتی جهان است». جهان قانون‌مند نیست، تمام قوانین آن موضعی است و اعتبارش محدود در زمان و مکان است.

ریاضیات آنتروپی که به‌قوانین ترمودینامیک مربوط می‌شود نتیجهٔ کارهای بسیاری از دانش‌مندان و از جمله مهم‌ترین آنان بولتزمن (اتریش ۱۹۰۶-۱۸۴۴) است. معادلهٔ تحولات بازگشت‌ناپذیر بولتزمن برای اولین بار تقارن بازگشت‌پذیر زمان را مورد تردیدهای جدی قرار می‌دهد. به‌زبان خودمانی و در یک کلام آپارات

بولتزمن فیلم را برعکس نشان نمی‌دهد و تحولات طبیعی در جهت عکس رخ نمی‌دهند.

گفتیم که اندازه‌گیری زمان با حرکت یا با تغییرات است. و گفتیم که در دنیای ما آنتروپی زیاد می‌شود. این حرف به‌این معناست که اگر سیگار روشنی در نظر بگیریم دود آن در فضا پخش می‌شود و دیگر هرگز سیگار خودبه‌خود به‌وجود نمی‌آید.

اما قوانین پایه‌ای فیزیک که برای حرکات ذرات و دود و گاز به‌کار گرفته می‌شود، چه قوانین نیوتنی چه قوانین مکانیک‌کوانتوم، برای حرکاتی که در گذشته انجام شده و حرکاتی که در آینده انجام می‌شود یک‌سان عمل می‌کند. در این قوانین نوعی تقارن بین گذشته و آینده با مرکز تقارن حال مستتر است. بولتزمن می‌گوید «زمان می‌گذرد و دیگر باز نمی‌گردد» و همان‌گونه که نمی‌توان دوبار وارد یک رودخانه شد هیچ تجربه‌ای تکرار نمی‌شود. اگر چه از تهی سرشار، اما جویبار لحظه‌ها جاری است و زمان به‌گونهٔ بازگشت ناپذیری به‌سوی جلو (آینده) حرکت می‌کند.

این در حالی است که قوانین پایه‌ای فیزیک هیچ نوع تشخیصی بین گذشته و آینده نمی‌دهد. این تناقض را چه‌گونه باید دید؟ آیا فیزیک ما به‌طور کلی برخطاست؟ یا ما نمی‌توانیم دنیا را آن‌طور که باید ببینیم؟

خرابی کار موقعی خیلی بالا می‌گیرد که ارنست زرملو (Zermelo آلمان ۱۹۵۳-۱۸۷۱) با استفاده از کار سترگ هانری پوانکاره که شاید آخرین دانش‌مند جامع‌الاطراف سیاره باشد نشان می‌دهد نتیجهٔ محتوم معادلهٔ نیوتن این است که اگر زمان به‌حد کافی بگذرد دود سیگار به‌سر سیگار باز می‌گردد. یعنی در واقع معادلهٔ بازگشت ناپذیر بولتزمن در دراز مدت در تضاد با نیوتن قرار می‌گیرد و چون سخن نیوتن همواره مطلقا صحیح است در نتیجه سخن بولتزمن غلط است!

در آن موقع جامعهٔ علمی جهان به‌کلی خل شده بود. البته جامعهٔ غیر علمی هرگز نمی‌تواند عقلش را از دست بدهد. به قول ارسطو، تحصیل حاصل محال است. بی‌چاره بولتزمن راست‌گو آن‌قدر غمگین و نا امید شد که بالاخره خودکشی کرد.

جامعهٔ علمی اواخر قرن نوزدهم فقط هنگامی سرعقل آمد که پلانک بسته‌های انرژی را یافت و اینشتین با فیزیک نسبیتی‌اش نشان داد مفهوم هم‌زمانی نیز نسبی است و آخرین تیر خلاص را به‌مغز زمان مکانیکی شلیک کرد.

حال اگر با این توضیحات آنتروپی را به‌عنوان یک کمیت اصلی جهان بپذیریم می‌توانیم منحنی سیر زمان را نسبت به‌آن بکشیم. این کار ما را به‌نتیجهٔ حیرت‌آوری می‌رساند. در مجاورت حوادث، زمان رفتار غیر خطی از خود نشان می‌دهد و طول گام‌های پیر زمانه (ثانیه‌ها؟) مساوی نیست.

جهان پر از حوادث است و در نتیجه زمان هم‌واره غیرخطی است. زمان فقط در جهان خالی اقلیدسی می‌تواند خطی باشد. اما در جهان خالی اقلیدس اصولا زمان وجود ندارد!

غیرخطی بودن زمان در اطراف بزرگ‌ترین حادثهٔ همهٔ قرون و اعصار و همهٔ جهان، یعنی انفجار بزرگ به‌خوبی مشهود است. انفجار بزرگ سرچشمهٔ رودخانهٔ جهان است. شروع زمان است.

در آن‌جا پیر زمانه عصا زنان گام‌های بسیار کوتاهی برمی‌دارد تا حسابی فرصت نوشیدن شهد این باشکوه‌ترین حادثهٔ جهان را داشته باشد. حادثهٔ تولد جهان را. غیرخطی بودن زمان یک حقیقت آزمایش‌گاهی است و آزمایشات نسبیتی صحت آن را بارها نشان داده.

توجه به‌مفهوم «زمان خصوصی» که از دست‌آوردهای نسبیت و از مفاهیم اصلی دانش‌های نوین است به‌درک این مسأله کمک می‌کند. رودخانهٔ زمان جاری است و ما همه کنار آن نشسته‌ایم و با ساعت‌هامان (نزدیک بود بگویم سطل‌هامان) از این رودخانه برمی‌داریم. اما هرکدام از ما ساعت خصوصی خود را به‌مچ خود بسته‌ایم و ساعت‌هامان باهم فرق دارد. همان‌گونه که اثر انگشت‌هامان و شیمی خون‌مان.

وقتی می‌گوئیم ساعت‌های مختلف، به‌هیچ‌وجه منظورم مارک‌های تجارتی سوییسی و ژاپنی نیست. بیوریتم و سایکوریتم ما باهم تفاوت می‌کند. آیا به‌خاطر

می‌آوری آن غروب غمگین قهوه‌خانهٔ کوهستان را که صدای هم‌آواز دوازده گلوله آسمان را سوراخ کرد و در چشمان ما باران ریخت؟ آیا زمان برای ما و برای آن کس که با چشم و دست بسته آماج بارش سرب مذاب در خون تپید و برای آن دیگری که بلافاصله پس از انجام «وظیفهٔ مقدس» به‌مرخصی و میهمانی رفت یک‌سان گذشت؟ هیچ وسیلهٔ اندازه‌گیری جز بیو ـ سایکوریتم نمی‌تواند جواب این سوآل را بدهد.

ماهیت زمان به‌واقع مرموز است و شاید با تماس‌های شاعرانه بهتر مورد شناسایی قرار گیرد تا با برخوردهای علمی. البته تو می‌دانی که من فرزند طبیعت و اهل آزمایش‌گاهم و با متر و کیلوگرم و ثانیه زندگی می‌کنم و هرگز نمی‌خواهم تو را از جهان فیزیک به‌ناجهان متافیزیک ببرم. اما به‌نظر می‌رسد که جان انسان با گیرنده‌های نه چندان شناخته شده‌اش، با بسیاری از پدیده‌ها و مفاهیم بهتر ارتباط برقرار می‌کند.

ما بدون زمان خصوصی خود نمی‌توانیم قائل به‌هیچ نوع نظمی باشیم و به این دلیل ناگزیر می‌شویم زمان خصوصی خود را تعریف کنیم. پنج ضربهٔ گشایش ژرف ویلن کنسرتو بتهوون تنها برای تأکید فلسفی زندگی پنج مرحله‌ای بتهوونی نیست، در ضمن برای تعریف زمان خصوصی نظمی است که از پی خواهد آمد.

به‌راستی که در قلبِ یک ملغمه‌آشوبِ هرج و مرج زندگی می‌کنیم، همه چیزمان (شامل همین سخن) نسبی است. مکان، زمان، جرم، انرژی و اطلاعات، همه یک چیزند. همه چیز تصادفی است و جهان متحرک به سوی بی‌نظمی از امواج احتمالات ساخته شده است. ما قادر به‌تعریف و تبیین هیچ چیز نیستیم و صد البته همهٔ این‌ها به‌لطف معجزهٔ علم و هنر، زیباست. یک روز بر سبیل گلایه زیرکی را گفتم این احوال بین! خندید و گفت: «صعب کاری! بوالعجب حالی! پریشان عالمی.»

یک باکتری شجاع به نام «باک» را می‌شناسم که روی دست من زندگی می‌کند. طول عمر باک حدود ۱۰۰ ثانیه است. از اجداد خودش که در مرداب زندگی می‌کنند و طول عمرشان ۴۵ ثانیه است جلوتر رفته. باک در این ۱۰۰ ثانیهٔ ناچیز به ساعت من (یک طول عمر کامل به ساعت خودش) متولد می‌شود، رشد می‌کند، به مهد کودک و دبستان و دبیرستان و دانشگاه می‌رود. خدمات اجتماعی و سربازی و شرکت در جنگ بر علیه دشمنان را انجام می‌دهد. تولید مثل می‌کند و به دو قسمت تقسیم می‌شود و می‌میرد.

برای باک برخلاف همنوعانش، «خور و خواب و خشم و شهوت» کافی نیست. باک می‌خواهد بداند. زندگی چیست؟ جهان چیست؟ خودش کیست؟ کجا ایستاده است؟ آیا جهان هدفمند است؟ آیا جهان شانسی و تصادفی حرکت می‌کند؟ آیا وقتی به مرزهای دانش خود که آن را «فیزیک» می‌نامد می‌رسد و می‌داند هنوز آن سوی مرزهای دانش خبرهایی هست که نمی‌داند و آن را متافیزیک می‌خواند، برخوردش با متافیزیک چگونه باشد؟ آیا آن را بپرستد؟ مگر نه این که در گذشته، متافیزیک ذره ذره و قطره قطره وارد فیزیک شده؟ آیا نباید سعی به شناخت متافیزیک کند؟ آیا جهان منظم است؟ جهان منظم یعنی این که نظم دارد و هر نظم یک ناظم می‌خواهد، آیا جهان ناظم دارد؟ آیا مطلق وجود دارد؟

تنها وسیله‌ای که باک در اختیار دارد، مغز کوچک میکروسکپی اوست که با آن بالاخره موفق به تفکر شده است و هر لحظه سوآل‌های خود را دقیق‌تر و ظریف‌تر

کرده است.

اگر من آرام نشسته باشم و دستم بی‌حرکت باشد باک زندگی آرام را گزارش می‌کند. اگر دستم را برای برداشتن یک لیوان آب دراز کنم و بعد برگردانم و به دهان بگذارم گزارشی انبساطی انقباضی خواهد نوشت. اگر در حال راه رفتن باشم و دستم آرام حرکت کند نوع دیگر را گزارش می‌کند. اگر در حال دویدن یا بازی بسکتبال باشم نوع دیگرتری را گزارش می‌کند. اگر دستم را برای برداشتن ظرف غذا به داخل اجاق داغ ببرم گزارش جدید خواهد نوشت. اگر برای برداشتن چیزی به داخل فریزر ببرم باک جهان دیگری را گزارش خواهد کرد. هنگامی که دستم را زیر شیر آب می‌گیرم یا به آن صابون می‌مالم چطور؟ تجربیات کوچک من تمامی جهان اوست. من تمام فیزیک و متافیزیک باک هستم. اگر باک تصمیم به پرستیدن متافیزیک بگیرد عملا تصمیم به پرستیدن من گرفته است.

زمان خصوصی باک با زمان خصوصی من تفاوت دارد. باک با طول عمر ۱۰۰ ثانیه روی مکانش (دست من) که ۱۰۰ سال (گیرم که) عمر دارد زندگی می‌کند. جهان باک (دست من) تقریبا ۳۲ میلیون برابر باک عمر می‌کند. اکنون به زندگی صد سالهٔ خود من بیندیشیم که روی جهان سی میلیارد ساله هستم (از انفجار بزرگ تا انبساط بزرگ). جهان من لااقل سیصد میلیون برابر خود من عمر می‌کند. یک محاسبهٔ ساده نشان می‌دهد که طول عمر باک نسبت به طول عمر مکان زیستش، ده برابر طول عمر من نسبت به مکان زیستم است. یعنی از این نظر وضع باک ده برابر بهتر از من است و به مفهوم متقابل وضع من ده برابر خراب‌تر از باک خواهد بود. اگر نسبت را در نظر بگیریم ده برابر است. شبیه به این که باک به جای ۱۰۰ ثانیه فقط ۱۰ ثانیه عمر می‌کرد یا من به جای ۱۰۰ سال، هزار ساله می‌شدم. اطلاعات ما از جهان احتمالا از اطلاعات باک از جهان خودش که دست من باشد کم‌تر است.

اما هم باک و هم من، هر دو ناگزیریم چیزهایی را فرض کنیم تا بتوانیم زندگی کنیم. اکنون به فرضیات باک کاری نداشته باشیم، ببینیم خودمان چه یافته‌ایم و به

چه باورهایی رسیده‌ایم:

بله؟ چه فرمودید؟ مغز شما از همین گام مقدماتی این استدلال را بـه چـالش کشیده؟ چه خوب. چه عالی. این حضور مغز چالشگر را حفظ کنید و با من به داخل این مبحث بیایید.

بین تناب و زنجیر، کدام متصل و کدام منفصل است؟ در آغاز هیچ مشکلی در پاسخ به این سوآل نداریم. واضح است که زنجیر، حلقه حـلقه و مـنفصل است در حالی که تناب در هیچ جا بریدگی ندارد و متصل است. بین رودخـانه و بـاران نـیز انتخاب متصل و منفصل مشکلی ایجاد نمی‌کند. باران، قطره قطره و منفصل است در حالی که رودخانه متصل است. اما میزان دقت سخن ما تا چه اندازه است؟

برای پاسخ به این سوآل، بیاییم یک بار دیگر و با دقت، سخن خـود را مـورد آزمایش قرار دهیم. آن چیست که در ذات سخن ما خفته است؟ آیا به جز این است که حلقه‌های زنجیر به اندازه‌ی کافی بزرگ است که به چشم می‌آید؟ آیا به جز این است که فاصله‌ی قطرات باران به اندازه‌ی کافی زیاد است کـه مـورد تـوجه قـرار می‌گیرد؟ اما آیا وقتی ما در مورد پیوستگی و ناپیوستگی، اتصال و انفصال سـوآل می‌کردیم از مقدار فاصله نیز حرف زدیم؟ آیا وسیله‌ای وجود ندارد که به تناب یا به ریزش مداوم آب از شیر آشپزخانه یا جریان رودخانه نگاه کنیم و ببینیم تا چه حد متصلند؟

میکروسکپ معمولی، میکروسکپ الکترونی و نهایتا فیزیک اتمی جواب ایـن سوآل را می‌دهد. جریان دایم و متصل آب، از حرکت قطره‌های مجزای آب تشکیل می‌شود. بین هر دو قطره فاصله‌ی بسیار کوچکی، مملو از گازهای مختلف وجود دارد. هر قطره نیز از تعداد بسیاری ملکول تشکیل شده است. بین هر دو ملکول، فضای بسیار بزرگی خالی است. هر ملکول، از تـرکیب سـه اتـم تشکـیل شـده است (دو هیدروژن و یک اکسیژن) که در مقیاس اتمی، بین آن‌ها فضای خالی بسیار بسیار بزرگی وجود دارد. هر اتم، از هسته و الکترون دور آن تشکیل شده است که... پس،

کدام اتصال؟ کدام پیوستگی؟ کدام حکم قطعی؟

برای شناخت جهان، نمی‌توان از جهان بیرون رفت و از خارج به آن نگاه کرد. این تنها به‌دلیل امکانات محدود بشر نیست، در حقیقت چیزی به‌نام بیرون جهان وجود ندارد، آن‌چه هست داخل جهان است، پس ناگزیریم از داخل خود جهان، خواص ناحیه‌ای جهان را کشف کرده آن‌را تعمیم دهیم.

اتصال و انفصال نیز پدیده‌های مطلق نیستند و در نتیجه ضدیتی با هم ندارند. این دو پدیده نیز بستگی به‌ناظر و نظرگاه او دارند و قابل تجمیع هستند. یعنی اگر ما بتوانیم یک دستگاه «درصدی» درست کنیم خواهیم توانست هرپدیده‌ای را مثلا «سی و هفت» درصد متصل و «شصت و سه» درصد منفصل بدانیم.

برای بررسی نظرات مختلف باید ناظران مختلف و نظرگاه‌های آنان را مورد بررسی قرار داد. در وقایع زندگی روزمره، مثل ریزش آب از شیر، برای نوشیدن یا شست‌شو، می‌توان مسالهٔ اتصال و انفصال را مورد تدقیق قرار داد. آیا ریزش آب متصل است؟

بیاییم این سوآل را از نظر یک بشر و در نظرگاهی عادی ببینیم. به‌طور معمول چنین سوآلی برای ما پیش نمی‌آید، چه با یک پیش‌فرض ساده «می‌دانیم» که ریزش آب متصل است. تازمانی که وجه قبض آب را پرداخته باشیم، به‌اندازهٔ کافی آب دراختیار خواهیم داشت.

بررسی دقیق این نحوه تفکر ساده، ضرورت تعریف مجدد تمامی کلمات تشکیل دهندهٔ آن و شیوهٔ کنار هم قرار گرفتن این کلمات را نشان می‌دهد، و جز آن، ارتباط مسالهٔ ریزش آب با سوآل اتصال و انفصال نیز باید به‌زیر مهمیز توضیح کشانیده شود.

در این تفکر، اتصال یعنی این که در یک زمان «نسبتا» معقول مثلاده ثانیه، بتوان یک لیوان آب از شیر گرفت و در تمام این مدت بتوان آمدن آب را از شیر دید. به‌این ترتیب مفهوم اتصال در این‌جا به‌زمان و چشم بشر مربوط می‌شود، بدون این

که حتا برای یک لحظه نیز جایی برای خطاهای آزمایش که سراسر این تـفکر را پوشانیده در نظر گرفته شده باشد.

ناظری که می‌تواند تا حدود زیادی به‌دقیق‌تر شدن تصویر ما از ریزش آب کمک کند باک باکتری است که در همان حوالی روی دست خود ما یا در هوای اطراف وجود دارد. آبِ متصلِ مفرحِ گوارا که برای ما حیات‌بخش است برای او چیست؟

به‌عنوان مقدمه باید گفت که مکان او باید بسیار نزدیک به‌جریان آب باشد چه در غیراین صورت هیچ چیز نخواهد دید. پس او را در فاصلهٔ کـم و قـابل قـبولی از جریان زیبای آب درنظر بگیریم. او کـوه‌های بسـیار بـزرگ (قـطرات بسـیار ریـز) متحرکی را خواهد دید که با فواصل زیاد (حباب‌های کوچک هوا) از یک‌دیگر جدا می‌شوند، جنس این تخته سنگ‌های عظیم اگر جامد نباشد، از ماده‌ای با غلظت مادهٔ تشکیل دهندهٔ خود اوست.

غلظت و انفصال به‌کنار، صدای کر کننده و مهیب ریزش کوه‌ها (شرشر زیبای آب) خبر از اتفاقات بسیار ناخوش تخریب جهانِ اطراف می‌دهد که شاید هرگز و با هیچ دستگاه اندازه‌گیری نیز قادر به‌شناخت سرآغاز و سرانجام این حرکت نشود.

زمانی که باکتری دانش‌مند، خود، به‌تفکر «اتصال و انفصال» مشغول می‌شود، و می‌خواهد بداند که جهان متحرک او متصل یا منفصل است، برای خود ناظری در نظر می‌گیرد که از خود او که دارای ساختمان بسیار بغرنج یک سلول، با یک ملکول «د. ن. ا.» و مقادیر زیادی ساختمان محافظتی پروتئین است بسیار ساده‌تر باشد.

ناظری که او درنظر می‌گیرد، بسیار کوچک‌تر از خود او و به‌اندازهٔ یک ملکول آب است. طبیعی است که ملکول آب از دور، یعنی از فاصله‌ای که باکتری دانش‌مـند ایستاده و در فکر استفاده از جریان این کوه‌های غلیظ سنگی است نمی‌تواند به‌ماجرا بیندیشد، بنابراین او را در فاصلهٔ بسیار نزدیک‌تر قرار می‌دهد، این بار تصویر به کلی دگرگون می‌شود.

ناظر جدید گروه‌های بسیار عظیم موجودات هم‌سان خود را می‌بیند که به‌صورت

موضعی و نامنظم و بطئی حرکت می‌کنند (ملکول‌های داخل یک قطره آب)، بین این موجودات فضاهای خالی عظیمی وجود دارد.

او جز در صورتی که زمانی بسیار طولانی به نظارت مشغول باشد قادر به‌دیدن فضاهای عظیم خالی بین گروهی (فاصلهٔ بین قطرات) نخواهد شد. در واقع زمان خصوصی او به‌مراتب با زمان خصوصی ما متفاوت است.

حال اگر یک اتم هیدروژن، به‌نظارت ریزش آب مشغول باشد گزارشی بسیار خواندنی تهیه خواهد کرد. در گزارش او از یک منظومهٔ خورشیدی سخن می‌رود که دارای خورشید بزرگی به‌نام اکسیژن با قدرتی خارق‌العاده بوده که دو خورشید هیدروژن را هم‌راه خود با یک سلسله حرکات خاص نگاه داشته است. زمان خصوصی هیدروژن ناظر با ساعت «گرینویچ» تفاوت دارد. چنین ناظری در صورتی که بتواند تلسکوپ بسیار قوی‌تری از آن‌چه در «پالومار» است بسازد قادر به‌کشف سایر منظومه‌های خورشیدی خواهد گشت.

این ناظر هنوز می‌تواند برای بررسی اتصال و انفصال برای خود ناظری کوچک‌تر مثل یک الکترون درنظر بگیرد. برای این ناظر مسالهٔ ریزش آب مطلقا وجود ندارد، برای او که دارای عمر طولانی است این شانس هست که در طول زندگی صدها نسل خود کشف کند که آدم‌خواران سنگین وزنی هستند (پروتون) که اگر گرفتارشان شود و از افق اتفاق آنان فراتر رود روزگارش به‌سرآمده است، حتا اگر در فاصلهٔ دورتر هم بایستد به‌حرکت گردابی می‌افتد. این بی‌رحمِ همهٔ فضاها (پروتون) در حقیقت حفرهٔ سیاهی است که با دهان سرد مکنده‌اش سر راه او کمین کرده است.

الکترون شجاع، خورشیدهای نوترونی را کشف کرده از فضاهای خالی بعیدی که قوی‌ترین تلسکوپ‌ها نیز قادر به‌نفوذ به‌داخل آن نیست صحبت خواهد کرد. دیدن دنیای زیبای الکترون دانا و شجاع باشکوه است. او تیرهای شهاب (تصادفات ذره‌ای داخل اتم) را خواهد دید که شاید خود نیز یکی از آنان شود. آسمان او که با رنگ‌های مختلف تزئین شده آرام و باوقار است و در او خضوع و خشوع ایجاد می‌کند.

او در نهایت تصمیم به‌پرستش این‌همه زیبایی، شکوه و عظمت می‌گیرد، برای او سوآلات بسیاری مطرح است، از جمله «اتصال و انفصال». او که از ساختمان بغرنج درونی خود مطلع است، پیش خود می‌گوید فرض کنیم که ما در این جهان بیننده نبودیم و به‌جای ما یک نوترینو این جهان را می‌دید و . . .

آری ما ناگزیریم جام خود را بنوشیم و از خود بپرسیم تا منظور ما از اتصال و انفصال چه باشد. به‌این ترتیب حکم قطعی اولیه که متواضعانه آن‌را با فرم سوآلی «اتصال یا انفصال» صادر کرده بودیم ناصحیح و طنز به‌نظر می‌رسد.

این حکم و احکامی از این دست، در نهایت، تنها کاری که خواهند کرد این است که وجود خود ما را به‌عنوان ناظر به‌زیر سوآل می‌برند. «اتصال ـ انفصال» نیز مانند هر مسالهٔ دیگر به‌ناظر مربوط می‌شود. برای بررسی این پدیده می‌توان از ناظران ماکروسکپی هم کمک گرفت. فعلا وارد جزئیات مشاهدات ماکروسکپی نشویم و فقط نظر ناظر و برخی از سوآلات مطروحه را بیان کنیم.

برای بررسی جهان ماکروسکپی غولی گالیور مانند را درنظر بگیریم که قد او بسیار بلند و هیکلش بسیار بزرگ باشد، آن گونه که هنگام ایستادن، بلند پروازترین هواپیماها در ردیف چشمان او قرار گیرند. آیا این موجود در مراحل اولیهٔ زیست خود متوجه وجود ما، مورچگان بسیار کوچک خواهد شد و خواهد فهمید آن پشه‌ای (میراژ و فانتوم) که گاه اوقات نیش کوچکی به‌او می‌زند دست‌کار موجود کوچکی است که زیر پایش زندگی می‌کند؟

داشتن چنین غولی برای بسیاری از بررسی‌ها به‌ویژه غور در مسائل اجتماعی بسیار مفید است. برای او مسائلی مثل اتصال ـ انفصال سیاست و مذهب و . . . چه‌گونه مطرح می‌شود؟

او فاصلهٔ آشیل و لاک‌پشت را چه می‌بیند؟ آیا آشیل و لاک‌پشت مجموعا یک نقطه را تشکیل نخواهد داد؟

در زمانی که این غول یک عمر «طبیعی» می‌کند چند نسل از ما عمر «طبیعی»

خواهیم کرد؟

فرض کنیم مکان این ناظر آسمان‌ها باشد. در این صورت، ناظر آسمانی که چندان هم دور از ما قرار نگرفته و هنوز قادر به‌دیدن دنیای ما، این سنگ مدور معلق فضایی است، چه خواهد گفت؟

برای او که در بهترین حد بینایی‌اش اثرات ما روی این کره مانند کپک روی نان جلوه خواهد کرد مسائلی مانند ازدیاد جمعیت و مالکیت زمین‌ها و . . . چه‌گونه مطرح خواهد شد؟

بیاییم در یک لحظهٔ خلوت در چشم غول خود بنشینیم و به‌زمین بنگریم، آیا غوغای نابه‌جا ما را غمگین نمی‌کند؟ آخر مگرنه فضانوردان، انسان‌هایی که از فضا به‌زمین نگریسته‌اند در مقایسهٔ عظمت، آرامش و سکوت فضا با حقارت، آشفتگی و غوغای زمین دچار پریشانی‌های روانی گردیده‌اند؟

در تضاد با نوشتهٔ سر در آکادمی افلاتون بگوییم، هندسه نمی‌دانی؟ هیچ نترس و داخل شو. آن قدر که لازم داری همین‌جا فرا خواهی گرفت. هندسهٔ مدرن. هندسهٔ فیزیکی.

پیش‌رفت دانش‌ها باعث می‌شود هر روزه دانش‌های نوینی از چشمه بیرون بجوشد و دانش‌های قدیمی‌از بین برود. عمر علوم ژنتیک، روباتیک و کرایوجنیکس به پنج دهه نمی‌رسد اما امروزه کسی در مورد «جفر» که علمی متداول بوده چیزی نمی‌شنود.

زایش و مرگ رشته‌های مختلف علمی موضوع شورانگیزی است. بعضی علوم نمی‌میرند فقط استحاله پیدا می‌کنند. علم کیمیا با استحاله به علم شیمی تبدیل می‌شود. بعضی علوم چنان تغییر می‌کنند که دیگر جز نام با علم اولیه شباهت ندارند. نجوم و پزشکی امروز با آن‌چه به همین نام معروف بوده زمین تا آسمان تفاوت کرده است. شاید تنها علمی که مانند سد سکندر سر جای خود ایستاده شاخه‌های اصلی آن هنوز کاربُرد دارد هندسه است.

شان نزول لغت هندسه را متفاوت ذکر کرده‌اند. آن را «اندازه» هم گفته‌اند. این شاخه از علم به روایتی از اندازه‌گیری زمین‌های مزروعی در مصر باستان شروع شده است.

امروزه هندسه به‌انواع مختلفی تقسیم شده. قدیمی‌ترین و معروف‌ترین آن هندسهٔ مشهور به‌اقلیدس است. هندسهٔ او مدت ۲۲ قرن بر سیارهٔ ما فرمان‌روایی

کرده است. مشخصهٔ اصلی هندسهٔ اقلیدس به‌اصل اقلیدس معروف است: «از نقطهٔ واقع در خارج خط راست بیش از یک موازی برای آن نمی‌توان کشید».

همهٔ هندسهٔ اقلیدس بر اصل اقلیدس استوار است اما پیش از آن نیاز به برخی تعریف‌های اولیه داریم. تعاریف این هندسه از فرط تکرار عادت شده به‌خاطر عادت، «واضح و مبرهن» به‌نظر می‌رسد.

آیا این دستگاه هندسی واقعا آن‌طور که در نگاه اول به‌نظر می‌رسد «بدیهی و طبیعی» است؟

هندسهٔ اقلیدس با تعریف نقطه شروع می‌شود. نقطه شکلی است هندسی که دارای هیچ بعدی نیست. به‌این ترتیب نقطهٔ اقلیدسی دارای طول و عرض و ارتفاع نیست. این تعریف روزگاری بسیار طبیعی به‌نظر می‌رسید، امروزه اما چنین تعریفی را اگر نگوییم خیلی مصنوعی می‌دانیم لااقل خیلی هم طبیعی نمی‌دانیم و از خود می‌پرسیم پس نقطه دارای چه چیز است که او را از «نیستی» جدا می‌کند؟

تعریف نقطهٔ هندسی به‌صورت ذکر شده مورد قبول سایر دستگاه‌های هندسی نیز قرار گرفته است اما خواهیم دید این تعریف موجد چه تناقضاتی می‌شود و چرا «فیزیک‌ریاضی» نمی‌تواند این تعریف را بپذیرد.

سرچشمهٔ تناقضات فراوانی که هندسهٔ اقلیدس به‌بار می‌آورد از تعریف نقطهٔ هندسی نشات می‌گیرد. نقطه تصوری است از «موجود» ساخته شده از خمیرمایهٔ دیگری به‌جز آن‌چه زیست ما را تشکیل می‌دهد. گفته‌اند لجهٔ قطران و قیر بی‌کرانه نیست و فقط سنگین گذر است. اگر این سخن فقط تحت شرایط بسیار خاص معتبر است، در دنیای غلیظ ما، نقطهٔ اقلیدس و همهٔ اشکال و موجودات اقلیدسی در سرزمینی به‌مراتب غلیظ‌تر از قطران و قیر گرفتار آمده‌اند و در لجه‌ای بی‌کرانه.

رقیق‌ترین بخش‌های جو کرهٔ زمین نیز در چشم موجودات اقلیدسی از غلظتی مافوق تصور برخوردار است. در نتیجه تصور موجودی به‌رقت نقطهٔ اقلیدسی در چنین سرزمینی که خانهٔ مایان است تصوری غلط و گرفتاری آفرین است. تناقضات

اقلیدسی چنان عمیق‌اند که هرکدام در دل خود تناقضات جدید مـی‌آفرینند. مـثلا امروزه به‌راحتی می‌توانیم بگوییم نقطهٔ اقلیدسی که شکل هندسی است قسمتی از «عدم» است اما عدم نمی‌تواند دارای «قسمتی» باشد آیا به‌راستی می‌توانیم بگوییم که نقطه همهٔ عدم است؟

در این صورت تکلیف کوچکی «عدم» در مقابل بزرگی «وجود» چـه مـی‌شود؟ بگذریم که اگر چنین بگوییم سوآل بعدی این خواهد بود که پس تعریف «مجموعهٔ نقاط» چیست؟ و این سوآل ما را به‌ناگزیر به‌سرزمینی که دوست نمی‌داریم یـعنی پیدایش «وجود» از «عـدم» مـی‌کشاند کـه مـخالف اصـل بـقاء لاوازیـه (فـرانسـه ۱۷۹۴-۱۷۴۳) است.

خط در هندسهٔ اقلیدس شکلی است هندسی، ممتد و متصل، دارای یک بعد. خط از حرکت نقطه به‌وجود می‌آید. هرگاه نقطه‌ای شروع به‌حرکت کند و جهت خـود را هرگز تغییر ندهد خط مستقیم و در غیراین‌صورت انواع خطوط غیر مسـتقیم پـدید می‌آید. برای بررسی بیش‌تر برخـی گـرفتاری‌ها و تـناقضات اقـلیدسی و مـقایسهٔ بی‌نهایت‌ها از ژرژ کانتور (آلمان ۱۹۱۸-۱۸۵۴) کمک بگیریم و دو پاره خط با دو طول مختلف، یکی بسیار بزرگ‌تر از دیگری در نظر بگیریم و آن‌ها را دو ضلع یک زاویه قرار دهیم به‌عبارت دیگر زاویه‌ای با دو ضلع نامساوی و یکی بسیار بزرگ‌تر از دیگری در نظر بگیریم و انتهای دو پاره خط را به یک‌دیگر وصل کنیم. حال بگو ببینم آیا تالس را می‌شناسی؟

تالس ریاضی‌دان و سیاست‌مدار یونان باستان است که شش تا هفت قرن قبل از میلاد مسیح می‌زیسته. در صحت انتساب قضیهٔ تشابهات به تالس تـردیدهای بسیاری ابراز شده است.

قضیهٔ تالس می‌گوید هرگاه چند خط موازی به‌وسیلهٔ دو خط قطع شود قطعات متناظر متناسبند.

بیاییم از نقطهٔ انتهایی پاره خط اول به نقطهٔ انتهایی پاره خط دوم وصل کنیم. این

کار را با نقطهٔ دوم انجام دهیم که که به نقطهٔ دوم پاره خط بعدی می‌رسد و به همین ترتیب یک رشته خطوط موازی ترسیم کنیم. با کشیدن این خطوط موازی دیده می‌شود که طبق قضیهٔ تالس برای کلیهٔ نقاط واقع بر پاره خط بزرگ‌تر نقاط متناظر روی پاره خط کوچک‌تر وجود دارد و مقایسهٔ یک به‌یک، تعداد نقاط هر دو پاره خط را با هم برابر نشان می‌دهد.

این استدلال هندسی به‌ما می‌گوید اگر هر پاره خط را به صورت یک مجموعهٔ نقطه در نظر بگیریم تعداد نقاط واقع بر خطی به‌طول یک سانتی‌متر با تعداد نقاط واقع بر خطی به‌طول یک کیلومتر برابر است. اشکال این غلط‌نما یا Paradox در تعریف نقطهٔ اقلیدس است زیرا این‌جا عملا دو مجموعهٔ تهی با هم مورد مقایسه قرار گرفته‌اند.

این تناقض مدت‌ها قبل می‌توانست بنیان هندسهٔ اقلیدس را به‌هم بریزد زیرا هندسهٔ اقلیدس هندسهٔ خط‌کش و پرگار است و در اثبات قضایای آن بدون توجه به‌مانع بسیار عظیم، طول‌های بزرگ‌تر به‌وسیلهٔ طول‌های کوچک‌تر تقسیم‌بندی شده یا با آن‌ها مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

شاید علت پابرجا ماندن این هندسه، فقدان دست‌گاه جانشین بوده است. چنین مشکلاتی هم‌واره هندسهٔ اقلیدس را زجر داده اما کارآیی این هندسه بیش از آن است که بتوان آن را کنار گذاشت. ببینیم کجای کار واقعا خراب است؟

هندسهٔ اقلیدس سعی می‌کند جهان ما را از «عدم متحرک» بسازد و شاید این ریشهٔ همهٔ گرفتاری‌های تفکر به‌شیوهٔ اقلیدس باشد. خط در هندسهٔ اقلیدس شکلی است هندسی دارای یک بُعد به‌نام طول که از حرکت نقطه به‌وجود می‌آید. برای ما به‌ویژه با توجه به‌دست‌آوردهای علم جوان فیزیک‌ریاضی، پذیرفتن مفهوم «ممتد و متصل» به‌شیوه‌ای که مراد اقلیدس است نه مشکل که ناممکن است.

محیط زیست ما و جهان ما اصولا به‌گونه‌ای نیست که به هیچ وجه اجازهٔ «وجود» به‌چنین «موجودات» و مفاهیمی بدهد. مفاهیمی که اقلیدس هندسهٔ خود را بر پایهٔ

آن‌ها بنا نهاده و دائما – و چه ساده هم – آن‌ها را به‌کار می‌گیرد: حرکت نقطه که همان حرکت عدم است، امتداد، اتصال و مفاهیمی از این دست.

هندسهٔ اقلیدس از تعریف خط به‌صورت مجموعهٔ نقاط احتراز می‌کند زیرا اگرچه نقطهٔ اقلیدس چنان رقیق و در عمل «هیچ» است که بحث کوانتوم و ناپیوستگی را ایجاب نمی‌کند اما حتا شبههٔ چنین ناپیوستگی نیز در این هندسه آزار دهنده است.

کوانتوم در فیزیک اتمی به‌صورت‌های مختلف تعریف می‌شود اما به‌یک بیان ساده و البته غیر دقیق، کوچک‌ترین جزء قابل اندازه‌گیری یک کمیت یا پدیده، به‌طوری که هر مقدار دیگری از آن کمیت یا پدیده از «حاصل‌ضرب یک عدد صحیح در این جزء» به‌وجود آید، کوانتوم آن کمیت یا پدیده نامیده می‌شود.

اما حتا اگر اقلیدس چنین پرهیزی داشته باشد ما هنوز می‌توانیم به‌اندیشه ادامه دهیم. فرض کنیم نقطهٔ اقلیدس در واقع می‌خواهد به‌حرکت در آمده و برای ما، گیرم در خیال، خط بسازد. بگذریم از این که به‌عنوان پیش‌فرض چنین اندیشه‌ای باید فرض کنیم ـ فرض محال ـ که نقطهٔ هندسی، آن‌گونه که مراد اقلیدس است اصولا در مغز و اندیشهٔ ما می‌تواند وجود داشته باشد.

حال سوآل مشروع این است که برای ساختن خطی به‌طول یک سانتی‌متر با حرکت نقطهٔ اقلیدس، به‌چه‌قدر زمان احتیاج داریم؟

شنیدن و پذیرفتن پاسخ این سوآل شهامت می‌خواهد زیرا کمی دقت نشان می‌دهد که در اختیار داشتن تمامی زمان‌های جهان کنونی نیز برای ساختن این خط کافی نیست.

در مسیر یک سانتی‌متر، نقطه از بی‌نهایت ایستگاه بین راه خواهد گذشت که اگر برای گذشتن از هر کدام آن‌ها مقدار مشخصی از زمان، هر قدر هم کوچک، در نظر بگیریم، مجموعهٔ زمانی ساختن خطی به‌طول یک سانتی‌متر بسیار بزرگ خواهد شد و این ما را با مسالهٔ انرژی روبه‌رو می‌کند.

مشکل زمان در مقابل معضل انرژی ساده می‌نماید. اکنون از خود بپرسیم برای

ساخته شدن یک خط کوتاه اقلیدسی چه‌قدر انرژی لازم است؟

اقلیدس برای ساختن خط خود باید نقطهٔ رقیق ساخته شده از «هیچ» خود را با فشار از بین کوه‌های سنگی متکاثف مقاومت هوا، حتا هوای رقیق بالای کرهٔ زمین عبور دهد. حتا فضای رقیق اما البته نه خالی مابین ستارگان یا کهکشان‌ها نیز برای نقطهٔ اقلیدس از غلظت مافوق تصور برخوردار است.

در حال حاضر هیچ‌گونه امکانی برای اندازه‌گیری طول خطی که بسیار کوچک‌تر از ۱۰ به‌توان ۱۵- سانتی‌متر باشد وجود ندارد. به‌این دلیل ساده که در عمل هیچ «گز» یا متر استانداردی برای اندازه‌گیری‌هایی با این قدر بزرگی یا Order of Magnitude در دست‌رس نیست.

در جهان اقلیدس به‌گونه‌ای از نقاط بدون بعد و فواصل بی‌نهایت کوچک سخن می‌رود که گویی امری عادی و پیش پا افتاده است. فرض کنیم می‌خواهیم خطی به‌طول ۱۰ به‌توان ۵۰- سانتی‌متر را اندازه بگیریم. این فاصله از نظر فیزیک‌ریاضی‌دان به‌مراتب کوچک‌تر از کوچک‌ترین حدود اندازه گیری است اما هنوز برای اقلیدس یک فاصلهٔ بی‌نهایت بزرگ محسوب می‌شود.

در محاسبهٔ انرژی ضروری برای این کار تفاوت نمی‌کند که از «اندازه‌گیری» این خط صحبت کنیم یا از انرژی لازم برای «ساختن» این خط با مادهٔ شناخته شده، یا از انرژی «درهم‌فشردگی» ماده تا آن سرحدات. در هر حال اگر نقطه قرار است در این جهان حرکت کند باید به‌قوانین راه‌نمایی رانندگی این جهان احترام بگذارد. برای نمایش طول این خط به‌عددی به‌این صورت نیازمندیم:

۴۹ صفر

۰/۰۰۰ ..... ۰۰۰۱

تنها گز استانداردی که برای چنین اندازه‌گیری می‌توان به‌کار برد طول موج فرضی λ با قدر بزرگی قابل مقایسه با خود طول است. پس موجی به‌طول 10^{-50} را برای این اندازه‌گیری در نظر می‌گیریم. برای این کار فرق زیادی نمی‌کند که از نور یا

امواج «دوبروی» یا «دیراک» استفاده شود. میزان بزرگی انرژی کوانتا یا ناپیوستگی که در این‌جا می‌توان آن را انرژی درهم‌فشردگی نیز نامید از معادلهٔ آن به‌دست می‌آید.

$$E = h\,v = h\,c\,/\,\lambda$$

در این رابطه E معرف انرژی است، v معرف سرعت حرکت موج، c معرف سرعت نور برابر ۳۰۰/۰۰۰کیلومتر در ثانیه و λ معرف طول موج است که در این‌جا $۱۰^{-۵۰}$ سانتی‌متر فرض شده و h معرف عدد ثابت جهانی پلانک و برابر $۶/۶۲۵*۱۰^{-۳۴}$ ژول ثانیه است. اگر این اعداد را در رابطهٔ فوق جاگذاری کرده همهٔ واحدها را به‌دست‌گاه CGS – سانتی‌متر، گرم، ثانیه – تبدیل کنیم، به‌محاسبه و عدد زیر در دست‌گاه CGS می‌رسیم.

$$E=۶/۶۲۵*۱۰^{-۳۴}*۱۰^{۷}*۳*۱۰^{۱۰}/۱۰^{-۵۰} \approx ۲*۱۰^{۳۴}$$

این عدد معرف مقدار غول‌آسای انرژی است که قادر است تمامی کرهٔ زمین را آنا منفجر کند.

اکنون از رابطهٔ $E = m\,c^{۲}$ اینشتین مقدار جرم معادل را که در انفجار اتمی ایده‌آل برای ایجاد این انرژی ضروری است حساب کنیم. در این رابطه E معرف مقدار انرژی به‌دست آمده در محاسبهٔ فوق، m معرف مقدار جرم و C سرعت نور یا همان ثابت ۳۰۰/۰۰۰کیلومتر بر ثانیه است.

$$m=۲*۱۰^{۳۴}/۳*(۱۰^{۱۰})^{۲} \approx ۲*۱۰^{۱۳}$$ گرم

جاگذاری و خلاصه کردن نشان می‌دهد که این مقدار برابر است با:

$$m = ۲*۱۰^{۱۰} = ۲*۱۰^{۷}$$ تن $= ۲$ کیلوگرم

نتیجهٔ تمامی محاسبات این که هر نوع تداخل بین چنین موجی و هر سیستم فیزیکی، حداقل یک چنین انرژی کوانتومی را دربرخواهد گرفت که آنا یک فاجعهٔ بزرگ ایجاد خواهد کرد. ما برای ساختن یک خط سادهٔ اقلیدسی به بمب‌هایی با چنین اجرامی نیازمند خواهیم شد.

نیاز به‌گفتار نیست که همین محاسبهٔ ساده ثابت می‌کند که فاصلهٔ $۱۰^{-۵۰}$ سانتی‌متر را مطلقا نمی‌توان اندازه‌گیری کرد. هنگامی که یک فاصله را نتوان اندازه‌گیری کرد چه‌گونه می‌توان درمورد آن سخن گفت؟

اقلیدس بدون توجه به‌مانع سر راه، به‌راحتی از این‌هم جلوتر می‌رود و به‌فضاهای بسیار کوچک‌تری اشاره می‌کند. برای او $۱۰^{-۵۰}$ سانتی‌متر هنوز طول بزرگی است و او با طول‌های به‌مراتب کوچک‌تر سروکار دارد.

پیشینیان ما برای ساختن خطوط‌شان به‌چنین انرژی نیازی نداشته‌اند. اما آیا ما هم اجازه داریم شیوهٔ آنان را، هرچه بوده، تکرار کرده خط اقلیدسی بسازیم؟

در هندسهٔ اقلیدس، سطح شکلی است هندسی و دوبعدی که از حرکت خط در خلاف جهت خود ایجاد می‌شود. اگر خط مولد، جهت حرکت خود را هرگز تغییر ندهد سطح مستقیم یا صفحه به‌وجود می‌آید. صفحه می‌تواند از اطراف نامحدود بوده جهان را به‌دو بخش تقسیم کند.

تمام تناقضاتی که تاکنون به‌آن‌ها اشاره شد درمورد سطح اقلیدسی نیز وجود دارد به‌علاوهٔ یک تناقض جدید و بسیار جالب دیگر: آیا سطح اقلیدسی واقعا جهان را به‌دو بخش تقسیم می‌کند؟ به‌عبارت دیگر آیا سطح اقلیدسی پشت و رو دارد؟

صفحه‌ای که مولد آن خط راست است جهان را به‌دو نیمه جهان بالا و پایین تقسیم می‌کند.

«مسلم» است که اگر یکی از ساکنان جهان بالا که خود یک نقطهٔ اقلیدسی است، در اثر اشتباه سقوط کند، روی سطح خواهد افتاد و از آن‌جا پایین‌تر نخواهد رفت. اگر نقطهٔ اقلیدسی سرنشین نیمه جهان پایین نیز بخواهد پرواز کند، بالاخره سرش به‌سقف آسمان یعنی به همان صفحه خواهد خورد و متوقف خواهد شد. نکتهٔ مهم این که صفحه طبق تعریف دارای ضخامت یک نقطه است اما در عمل ضخامتش سه نقطه می‌شود.

شاید ما بتوانیم با ترفندی خود، را از این وضع مسخره نجات دهیم و فکر کنیم در

واقع هر دو نقطه جذب سطح شده جزو آن می‌شوند، در آن‌صورت نقطهٔ مربوط به‌جهان بالا می‌تواند وارد جهان پایین شده و برعکس. در این صورت کلیهٔ نقاط دو جهان بالا و پایین در عمل متعلق به‌یک جهان «بالاپایین» خواهند بود و صفحهٔ اقلیدس اصولا جهان را به‌دو نیمه تقسیم نکرده است! برای فرار از یک تناقض به‌دام تناقض دیگر افتادیم.

اگر این بررسی‌ها را به‌صورت‌های دیگری نیز ادامه دهیم جز رسیدن به‌یک سلسله تناقضات کاری انجام نخواهیم داد. اما این مسائل برای پیشینیان ما «واضح و مبرهن» بوده است، پس بیاییم راه آنان را ادامه داده حجم اقلیدسی را نیز بسازیم.

حجم اقلیدسی شکلی است هندسی و سه بعدی دارای طول و عرض و ارتفاع که از حرکت صفحهٔ اقلیدسی در خلاف جهت خود به‌وجود می‌آید، یعنی مثلا صفحه مثال قبل حرکت می‌کند و حجم می‌سازد. درمورد این حجم همهٔ گرفتاری‌های قبلی موجود است با این تفاوت که گرفتاری‌های نوع دیگری نیز به‌آن اضافه می‌گردد.

این حجم، کل جهان اقلیدسی را به‌دو قسمت تقسیم می‌کند، قسمت اول مجموعهٔ نقاط، خطوط و سطوحی که توسط حجم دربرگرفته شده‌اند و قسمت دوم بقیهٔ جهان که به‌این حجم ارتباطی ندارد.

در این روزگار مهاجرت نقاط، نقطه‌ای که به‌قصد سیاحت به‌سوی حجم می‌آید در نهایت تعجب می‌بیند که ظاهرا ناگزیر است پاسپورت خود را عوض کرده به‌تابعیت ملیت سطح اول دربیاید اما دیدیم که در عمل به‌این کار نیازی ندارد. این تغییر ظاهری و صوری پاسپورت به‌همین جا خاتمه پیدا نمی‌کند و اگر سیاح ما بخواهد به‌مسافرت خود ادامه دهد در تمام ایستگاه‌های بعدی و حین عبور از داخل حجم، ناگزیر از تغییر پاسپورت است در حالی که به ترتیب پیش‌گفته به این کار نیازی نیست. این عمل بی‌نهایت بار تکرار می‌شود. در آخر کار که مسافر کنج‌کاو و شجاع ما بی‌نهایت تغییر ملیت ظاهری داد ناگهان خود را در وطن قبلی و بین هم‌وطنان قبلی می‌بیند. یعنی بدون آن که اتفاقی رخ داده باشد از حجم خارج

می‌شود. آری، حجم اقلیدسی نیز در فضای اقلیدسی تقسیم‌بندی ایجاد نمی‌کند. به‌این ترتیب می‌توان وارد زندگی موجودات اقلیدسی شد.

آن‌چه به‌آشوب و اضطراب دامن می‌زند نحوهٔ تلقی خاصی است که عامهٔ مردم و حتا بسیاری از مدرسین این هندسه نسبت به‌آن دارند که باعث می‌شود از تخته‌پاک‌کن یا از میز به‌عنوان حجم اقلیدسی نام برند.

حال که وجود موجودات اقلیدسی و حقانیت این هندسه «واضح و مبرهن» شد خواص این هندسه را بشناسیم.

در هندسهٔ اقلیدس مجموع زوایای یک مثلث ۱۸۰ درجه است. پیش از آن اما باید به‌تعاریف اولیهٔ درجه دقت کرد.

در قدیم‌الایام بشر به‌تفکر و محاسبه‌در امور مربوط به‌زوایا محتاج می‌گردد، به‌این جهت ناگزیر از اختراع ابزار اندازه‌گیری زاویه می‌شود. در واقع خورشید برای ما چنین عملی را انجام می‌دهد.

بهترین و طبیعی‌ترین طرز تقسیم، با الهام از خود طبیعت است و کمک گرفتن از تعداد روزهای سال که ۳۶۰ تصور می‌شد. از آن‌جا که ۳۶۰ عدد گرد است، قابل تقسیم به‌تمام تقسیم‌شدنی‌ها: ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۸، ۹، ۱۰، و چه کسی در فکر جسارت به عدد هفت است؟ که مقدس است و زمان ساخته شدن همهٔ جهان؟ بشر به‌این دلایل کار جالبی انجام می‌دهد: دایره را به ۳۶۰ قسمت تقسیم می‌کند و مثلثات اقلیدسی را برای ما به‌ارث می‌گذارد.

در روی صفحهٔ اقلیدس، اگر یک مثلث را که شکلی هندسی و دارای سه پهلو است بکشیم، مجموع زوایای این مثلث ۱۸۰ درجه خواهد بود.

آری. به‌شرطی که لحظه‌ای در وجود هیچ چیز تردید نکرده کوانتوم دقت اندازه‌گیری و خطای مربوطه را در نظر نگیریم. در این هندسه از خارج خط راست بیش از یک خط موازی برای آن نمی‌توان کشید و فضا از هر سو تا بی‌نهایت امتداد دارد.

فضای اقلیدسی یکی از شاعرانه‌ترین اگر نگوییم یکی از خیال‌بافانه‌ترین پدیده‌های فکر بشری است. بشر محدود نسبی، در این‌جا و برای اولین بار در طول زندگی فکری کوتاهش موفق می‌شود به‌مطلق و بی‌نهایت دست یابد آن‌هم با چه سهولتی، فقط به‌کمک یک اشتباه!

وقتی در بررسی آثار گذشتگان نوبت به‌هندسه می‌رسد ریاضی‌دان خوش‌فکر و نابغه‌ای به‌نام لوباچفسکی به‌خود می‌گوید: چه کسی گفته است که بیش از یک موازی نمی‌شود کشید؟ حال که اثباتی وجود ندارد و همه چیز بر پایهٔ خیال‌بافی است ما هم می‌گوییم که از نقطه خارج خط راست می‌توان دو موازی برای آن خط ترسیم کرد.

فضای خالی بین دو موازی لوباچفسکی را به‌فکر فرو می‌برد. برای او هنوز جای پیش‌رفت باقی است. درمورد موازی سوم چه‌طور؟ چهارمی؟ پنجمی؟ کلیهٔ خطوطی که بین دو موازی اول قرار می‌گیرند؟ آیا همه با خط اول موازی نیستند؟ چرا که نه؟ پس، از نقطهٔ خارج خط راست بی‌نهایت موازی می‌توان برای آن کشید. تکلیف مجموع زوایای مثلث چه می‌شود؟ حتما کمتر از ۱۸۰ درجه خواهد بود.

فضای لوباچفسکی واقع‌بینانه‌تر از فضای اقلیدس و فقط از یک سو نامحدود است. این فضا و خمیدگی آن‌را می‌توان به‌صورت زین اسب نشان داد که کلیهٔ اجرام و مواد و انرژی‌های جهان روی آن قرار گرفته‌اند.

چیزی نمی‌گذرد که ریمان – ریاضی‌دان جوانی که بعدا به‌جانشینی گاوس بزرگ در گوتینگن، ریاضیات آلمان و علوم جهان برگزیده می‌شود – از خود می‌پرسد چه‌گونه است که دنیا از یک‌سو محدود و از دیگرسو نامحدود است؟ اصولا چرا باید خطوط موازی نامحدود وجود داشته باشند؟ مگر در طبیعت چیزی به‌نام نامحدود وجود دارد؟ بنابراین از نقطهٔ خارج خط راست هیچ موازی نامحدود برای آن خط نمی‌توان کشید.

به این ترتیب هندسهٔ جدید و پرغوغایی به‌وجود می‌آید. هندسه‌ای که رسالت

نهایی‌اش مشروعیت بخشیدن به‌نسبیت است. در این هندسه، مجموع زوایای مثلث بیش از ۱۸۰ درجه می‌شود. فضایی که هندسهٔ ریمان معرف آن است به‌مراتب واقع‌بینانه‌تر از فضای اقلیدس و هنوز واقع‌بینانه‌تر از فضای لوباچفسکی می‌نماید. فضایی محدود که روی خود بسته شده باشد. چیزی شبیه به‌کره. روی این فضا، فضانورد دلیر در مسافرت بی‌نهایت خود، به‌نقطهٔ شروع‌بازمی‌گردد.

بحث دربارهٔ این سه هندسه بسیار است و هر کدام خواص خود را دارند. نکتهٔ جالب این است که قرن‌ها طول می‌کشد تا این دو نتیجهٔ فوق‌العاده زیبا و درخشان از هندسهٔ اقلیدس به‌دست آید.

تعجبی هم نیست. در فاصلهٔ زمانی بین اقلیدس و دو هندسهٔ اخیر، یعنی در قرون وسطی، بشریت شاهد قرن‌های گناهان هول‌ناک بوده است که در طی آن، پیروان کتاب مقدس، با سوء استفاده از ارسطو، مشغول سوزانیدن تمامی‌افکار مترقی هستند و برگزیدگان ساختمان جهانی دانش را در پرستش‌گاه‌های بی‌شمار قربانی می‌کنند، چرا که کارگزاران دانش‌ها به‌جای پرستش به‌شناختن پرداخته‌اند.

تفاوت فضای اقلیدسی با فضا یا مکان زیست واقعی ما چیست؟ آن چیست که فضای اقلیدس را چنین مغالطه‌آمیز می‌نمایاند؟

جواب به‌این سوآل تا مدت‌ها اذهان زیادی را به‌خود مشغول کرده. امروزه مشخص‌شده که اِشکال در کم‌بود فضای اقلیدسی نسبت به‌طبیعت واقعی مکان زیست ماست. فضای اقلیدسی فاقد زمان است. در نبودن زمان، فضا رقیق می‌شود، رقیق تا سرحد خلاء مطلق.

رقت فضای اقلیدسی به‌خاطر نبودن زمان است. فضای بدون زمان، اگر چنین چیزی مطلقا بتواند وجود داشته باشد یا به‌تصور درآید، از جرم و انرژی نیز خالی می‌شود. به‌این ترتیب در فضای اقلیدس، حرکت نیز وجود ندارد.

نتیجهٔ جالب این‌که، فضای اقلیدس که طبق تعریف با حرکت نقطه آغاز می‌شود، اصولا نمی‌تواند آن‌گونه که مفهوم «وجود» تعریف می‌شود وجود داشته باشد.

فیزیک‌دانان، برای رهایی از این‌گونه مغالطات سرگیجه‌آور و خطرناک به‌ایجاد نوع جدیدی هندسه دست یازیده‌اند، هندسه‌ای که در آن مراد از نقطه، یک کمیت فیزیکی است.

نقطهٔ فیزیکی، در هر سیستم خاص و برای همان سیستم تعریف می‌شود. در نتیجه در هر مسالهٔ جدید نقطهٔ جدیدی به‌دست می‌آید. در یک سیستم، نقطهٔ فیزیکی می‌تواند به‌کوچکی هستهٔ اتم بوده در سیستم دیگر به‌بزرگی ستارگان آسمان باشد. اما در هر حال شیوهٔ تعریف آن یک‌سان است. نقطهٔ فیزیکی، کوچک‌ترین جزء قابل اندازه‌گیری سیستم مورد نظر است. باید توجه داشت که ابزارهای اندازه‌گیری نیز به‌سیستم مورد اندازه‌گیری مربوط می‌شوند. به‌سادگی می‌توان کره‌ای به‌قطر یک کوانتوم فاصله را به‌عنوان نقطهٔ فیزیکی تعریف کرد اما باید دانست که فیزیک‌دان هرگز از کمیتی که قادر به‌اندازه‌گیری آن نیست مثلا از $۱۰^{-۵۰}$ سانتی‌متر صحبت نمی‌کند.

روزی، در سخن‌رانی که با این مضمون ایراد می‌کردم، عزیزی که بعدها دانستم نقاش آبستره است گفت:

هندسهٔ اقلیدس به‌واسطهٔ تجرید در ذهن به‌وجود آمده است و از حقانیتی به‌مراتب‌بیش از آن‌چه در این بحث‌ها مطرح شد برخوردار است. چرا باید فکر کنیم که هندسه از تعریف نقطه و از حرکت آن به‌وجود می‌آید؟ چرا در نظر نگیریم که هندسه می‌تواند از انتها آغاز شود؟

به او گفتم شنیدن روایت شما مایهٔ مباهات خواهد بود. او گفت:

«بیاییم از جرم شروع کنیم. جرم دارای کلیهٔ مشخصاتی است که علوم به‌ما می‌آموزد. از جملهٔ عوامل مشخص‌کنندهٔ جرم، حجم آن است. اما آن چیست که ما به‌آن حجم می‌گوییم؟ بحث‌های شما نشان داد که ما به‌دنبال تعریف جامع و مانع حجم نمی‌توانیم باشیم. بسیار خوب، اشکالی ندارد. بیاییم از جرم کلیهٔ خواص آن‌را بگیریم تا به حجم آبستره برسیم. بدیهی است که فیزیک‌ریاضی‌دان خواهد گفت:

«ما هرگز به‌این آبستره نمی‌رسیم». اما من می‌گویم اگر ذهن حقانیت کاربرد، نگفتم تصور یا تجسم، کلمهٔ «آبستره» را نداشته باشد، حقانیت کاربرد کلمهٔ «مطلق» را نیز نخواهد داشت. به‌کار بردن واژهٔ حجم اجازهٔ به‌کار بردن واژهٔ رویه را برای روی حجم می‌دهد. به‌همین ترتیب محل برخورد دو رویه می‌تواند خط را تداعی کند، درست مثل حد فاصل این کاغذ سفید و تختهٔ سیاه، یا دو رنگ دیگر. از برخورد این دو خط نیز می‌توان نقطه را نتیجه گرفت.

به او گفتم از بحث هنرمندانهٔ شما بسیار سپاس‌گزارم، اما همان‌گونه که خود اشاره کردید بحث شما با ملموسات قابل اندازه‌گیری آزمایش‌گاهی در تضاد قرار می‌گیرد. او ادامه داد:

«اگرچه $۱۰^{-۵۰}$ سانتی‌متر از فرط کوچکی در دنیای ما بارها و بارها برای قوی‌ترین میکروسکپ‌هامان قابل صرف‌نظر است اما ما موجودات دیگری را نیز می‌شناسیم که برای میکروسکپ‌هایمان قابل صرف‌نظرند اما برای خودمان قابل صرف‌نظر نیستند. به‌نظر من لطف هندسهٔ اقلیدس در این است که نخستین دست‌گاهی است که دامنهٔ خود را تا دو سرزمین بی‌نهایت کوچک و بی‌نهایت بزرگ گسترده است. اگرچه شاید به‌قول شما کاربرد عملی چندانی نداشته باشد».

به او گفتم لطفا دل‌تان خیلی نگیرد. آن‌چه برای شما به‌عنوان نقاش آبستره بسیار مهم است این که هندسهٔ جدیدی از دل امکانات کامپیوتری جوشیده که تا حدود زیادی کار شما را راه خواهد انداخت. این علم جدید به‌هندسهٔ فراکتال معروف است و مقادیر زیادی کیفیات تصویری در آن مشاهده می‌شود. فعلا همین قدر بپذیریم که در سفینهٔ نوح این اطلاعات جزو معلومات عمومی به حساب می‌آید اما در حال حاضر اصراری به اقناع نیست.

هندسه‌های پیش گفته می‌توانند بخش عظیمی از مسائل را حل کنند. در واقع حل مسأله یعنی این که بتوان با قدم‌های شناخته شده صورت مسأله را چنان ساده کرد که به زیر ذره‌بین دانش‌های کنونی بیاید. یا با ابزارهای کنونی مورد شناسایی

قرار بگیرد. نهایتا این که باید با کمک ابزارها منظم جلوه کند. اگر بخواهیم به رفتار یک مثلث یا یک مربع یا یک دایره دقیق شویم با کمک هندسه‌های پیش‌گفته می‌توانیم. اما آیا این همهٔ مساله است؟

برای شناسایی هندسی برگ درخت یا برای حل مسالهٔ برگ، می‌توان آن را به صورت مجموعه‌ای از مثلث‌ها و مربع‌ها و دایره‌ها در نظر گرفت، آن را به اجزاء شناخته شده تبدیل کرد. اما به هر حال ضروری است به کل برگ نیز به عنوان پدیده‌ای هندسی بنگریم.

ما علاقه داریم به ابر و به پَر و به دودکش و به کهکشان و به رودخانه و به جنگل نیز به عنوان اَشکال هندسی بنگریم.

این پدیده‌ها نامنظم‌تر از آن هستند که با ابزار اقلیدس بتوان در آنان نظامی ایجاد کرد. اما آیا در این بی‌نظمی هیچ دسته‌بندی نمی‌توان ایجاد کرد؟

در پاسخ به این سوآل‌هاست که علم جدید موسوم به آشوب یا Chaos به راه افتاده که مهم‌ترین ابزارش احتمالا هندسهٔ فراکتال است.

فراکتال خلق‌الساعه نیست. امتداد تکاملی همان هندسهٔ کلاسیک است و تافتهٔ جدا بافته‌ای نیست. گردانندگان آکادمی یونانی نیز امروزه خود شاگرد مکتب هندسه‌اند. دو شاخهٔ مهم ریاضیات نوین به نام‌های تئوری فاجعه و تئوری آشوب معروف شده است. از آن‌جا که هر دو این شاخه‌ها در بسیاری امور روزمره مورد استعمال پیدا کرده شاید بهتر باشد آن‌ها را از روی کاربردشان توضیح دهیم.

به طور خلاصه دیدیم که هندسه زبانی ریاضی است که در مورد اَشکال گفت‌گو می‌کند. هندسهٔ اقلیدس یک هندسهٔ سنتی است. دارای چند مشخصه است. بیش از ۲۰۰۰ سال عمر کرده در نتیجه از دلش مقدار زیادی ریاضیات بیرون آمده. هندسهٔ لوباچفسکی و هندسهٔ ریمان. اقلیدس می‌گوید از نقطهٔ خارج خط راست بیش از یک موازی برای آن نمی‌توان کشید. در هندسهٔ لوباچفسکی بی‌نهایت موازی می‌توان کشید و در هندسهٔ ریمان اصلا نمی‌توان موازی کشید.

اَشکال هندسهٔ اقلیدس بر مبنای یک اندازه یا مقیاس کشیده می‌شود و بر همان مبنا تشریح می‌گردد. مثلا اگر بخواهیم شکل یک مداد را بکشیم آن را به طول یک صدم میلی‌متر یا به طول ده هزار کیلومتر نمی‌کشیم.

هندسهٔ اقلیدس برای اشیایی که به دست انسان ساخته شده بسیار مناسب است. مثلا با آن خانه یا موتور می‌کشیم اما برای کشیدن ابر یا برگ درخت از آن استفاده نمی‌کنیم.

یکی دیگر از مشخصات مهم هندسهٔ اقلیدس این که نهایتا به وسیلهٔ روابط ریاضی یا فرمول‌ها توضیح داده می‌شود.

هندسهٔ فراکتال که بر مبنای تئوری آشوب بنا شده در واقع یک هیولای مدرن است.اولا سه چهار دهه بیش‌تر عمر ندارد. ثانیا هیچ نوع اندازه یا مقیاس مشخص و محدود کننده ندارد و می‌توانیم اشکال را هر قدر کوچک یا هر قدر بزرگ کنیم. ثالثا برای نمایش اشکال طبیعی بسیار مناسب است و با آن به راحتی می‌توانیم کوه، برگ، میکروب و این قبیل را نمایش دهیم. چهارمین خاصیتش این است که به وسیلهٔ معادلات ساده محدود نمی‌شود و می‌توانیم با برنامه‌های بسیار پیچیده به نام الگوریتم این اشکال را به وجود آوریم و در موردشان مطالعه کنیم.

به این ترتیب می‌توان از هندسهٔ فراکتال استفاده کرد و مدل اشیاء طبیعی را – خواه کنارهٔ مضرس برگ، خواه پیچیدگی لبهٔ کهکشان – به دست آورد.

هندسهٔ فراکتال را می‌توان هندسهٔ طبیعت نامید. هندسهٔ کوه و درخت و کبوتر و گل. هندسهٔ کلاسیک تقریب اولیه‌ای از ساختار فیزیکی اشیاء به دست می‌دهد. در نظر گرفتن برگ به عنوان مثلث چیزی جز یک تقریب اولیه نیست. ریاضیاتِ فراکتالِ برگ یا ابر مقدار زیادی از خواص داخلی آن‌ها را نشان می‌دهد. در این هندسه با تقریب به مراتب کم‌تر می‌توان پدیده‌های طبیعی را بررسی کرد و در نتیجه می‌توان به جواب نزدیک‌تر شد. Chaos یک زبان جدید است. به محض این که آن را فرا بگیریم می‌توانیم شکل ابر را با همان دقتی نشان بدهیم که آرشیتکت

شکل خانه را نشان می‌دهد. فرض کنیم در جایی کوهی داریم که پایین آن مسیلی هست و پایین دست مسیل دریچه‌ای. روی کوه مقداری برف نشسته. سوآل این است که با گرم شدن هوا و در اثر تغییرات درجه حرارت چه تغییراتی در محیط ایجاد می‌شود.

در حالات بسیار بغرنج می‌توان از هندسهٔ فراکتال بهره برد. این دو شیوه را می‌توان مقایسه کرد:

فراکتال	اقلیدس
هیولای مدرن	دایناسور سنتی
نیم قرن	دو هزارسال
بدون اندازهٔ مشخص	بر پایهٔ اندازهٔ مشخص
مناسب اشکال طبیعی	مناسب اشیاء ساخت انسان
با الگوریتم اداره می‌شود	با فرمول توضیح داده می‌شود

تا قبل از دانستن این هندسه، تمام تصاویر ما از جهان بسیار کودکانه است. تازه پس از این ریاضیات است که ما شروع به دیدن جهان می‌کنیم. این را باید ریاضیات جهان یا ریاضیات طبیعت نامید.

همهٔ ما در زندگی روزمره تجربیات فراوانی از نیرو داریم و کلمهٔ نیرو را با سهولت به کار می‌بریم ولی معمولا دقت نمی‌کنیم آن‌چه ما به آن نیرو می‌گوییم چیست. از آن گذشته در حال حاضر حتا پیش‌رفته‌ترین بخش‌های فیزیک عصر حاضر نیز از بیان چیستایی نیرو عاجز است. حوزهٔ فیزیک به عمل‌کرد نیرو و تاثیرات آن محدود می‌شود. چیستی نیرو ما را وارد مقولات متافیزیک می‌کند.

مفهوم نیرو چنان با زندگی عجین گشته که معمولا وجودش احساس نمی‌شود. زیست در قعر اقیانوسی از هوا جریان دارد که نیروی وارده از آن بر هر سانتی‌متر مربع، تقریبا یک کیلوگرم است. سطح بدن انسان تقریبا ۱/۸ متر مربع است و نیرویی که دائما بر این بدن، فقط از طرف هوا اعمال می‌شود، چیزی درحدود هیجده تن است.

این نیرو از نوع هیدروستاتیکی یعنی در تمام جهات یکسان است. عملا با فشار خون داخلی موی‌رگ‌های زیر پوست در تعادل دائمی است و به این جهت آن را احساس نمی‌کنیم.

در اثر خاصیت هندسی فضای اطراف کرهٔ زمین نیروی دائمی دیگری روی ما وجود دارد. این نیرو که به غلط به نیروی جاذبه موسوم شده چنان دائمی است که ما به آن توجه نداشته اغلب آن‌را نیز احساس نمی‌کنیم. فیزیک‌دان امروز می‌داند که در تحلیل دقیق، کلیهٔ نیروهای جهان به چهار دسته تقسیم می‌شوند: جاذبه، الکترو مغناتیس، هسته‌ای و رادیواکتیو.

باورهای مکانیک کلاسیک، نیروی جاذبه را نیروی عمل کننده بین دو جرم می‌داند که مقدار آن مستقیما متناسب با بزرگی دو جرم و معکوسا متناسب با مجذور فاصلهٔ آن‌هاست.

به زبان ساده‌تر هر قدر دو جرم بزرگ‌تر باشند نیروی جاذبهٔ بین‌شان بیش‌تر می‌شود و هر قدر دورتر می‌شوند نیروی جاذبه کم‌تر می‌گردد.

در واقع قانون جاذبهٔ نیوتن می‌گوید که نیروی جاذبهٔ F بین دو جرم m و M که با فاصلهٔ مشخص d از یک‌دیگر قرار گرفته‌اند از رابطهٔ $F = GMm / d^2$ به دست می‌آید. در این رابطه G مقدار ثابتی است که به دست‌گاه اندازه‌گیری مربوط می‌شود. همهٔ این مطالب را اولین بار یک سیب سرخ به نیوتن می‌گوید.

بعدها نیوتن، لاپلاس، لاگرانژ و دیگران توانستند تمامی حساب‌های نجومی جهان آن‌روز را رسیده تکلیف سیارات را روشن کنند. در این مورد لاپلاس تا آن‌جا پیش می‌رود که فرضِ وجودِ «پارامترهای نامشخص» را در محاسبات خود غیر ضروری تشخیص می‌دهد.

در آن روزگار رسم بر این بود که برای توضیح عمل‌کرد نیروهای فیزیکی به پارامترهای نامشخص متافیزیکی متوسل شوند. میراث قرون وسطا. وحشت از کلیسا. با دیدن متون علمی قرون وسطا همیشه حیرت کرده‌ام. فشار کلیسا بر علم غیر قابل تحمل بوده است. کلیسا از آن پس هرگز نتوانست لکّهٔ ننگ ایذاء دانش‌مندان را از وجود خود پاک کند.

پس از نسبیت اینشتین نیروی جاذبه با وضع مشخص‌تری به دنیای علم عرضه شده به آن به صورت یک خاصیت فیزیکی‌هندسی فضازمان نگریسته می‌شود. اما در حال حاضر ما آن‌را با همان نام مالوف جاذبه خواهیم خواند.

ما از انواع عمل‌کرد نیروی الکترومغناتیس به طور روزمره بهره‌مند می‌شویم. به طور کلی اگر از سه عامل برق و مغناتیس و حرکت، دو تای آن در دست‌رس باشد می‌توان سومی را به‌دست آورد. مثلا مجموع برق و مغناتیس در استارت اتومبیل

حرکت ایجاد می‌کند، مجموع حرکت و مغناتیس در دینام اتومبیل برق تولید می‌کند و حرکت میلهٔ آهنی در سیم‌پیچ برق‌دار عقربهٔ مغناتیس را به حرکت در می‌آورد. مغناتیس شدن آهن سیم‌پیچی شده را در زنگ اخبار معمولی می‌توان دید.

نیروی هسته‌ای قوی در داخل اتم و بین ذرات آن عمل می‌کند. همین قدر بگوییم آن‌چه ذرات داخل اتم را کنار یک‌دیگر قرار می‌دهد، یعنی چسبی که پروتون‌ها و نوترون‌ها را به یک‌دیگر می‌چسباند و نظام داخلی اتم را به‌وجود می‌آورد به نیروی هسته‌ای معروف است.

البته فراموش نکنیم که پروتون و نوترون ساچمه‌ای به صورتی که تا همین اواخر فکر می‌کردیم وجود ندارد. آن‌ها نیز نظام‌ها یا منظومه‌های کوارک هستند.

نیروی رادیو اکتیو باعث از بین رفتن اتم‌های سنگین‌تر و زنده‌تر مثل اتم اورانیوم و تبدیل آن‌ها به اتم فلزات سبک‌تر و بی تحرک‌تر مثل سرب می‌شود. رادیواکتیو از سه نیروی دیگر خفیف‌تر عمل می‌کند و به همین جهت به آن نیروی ضعیف می‌گوییم.

آیا طبیعت در این مورد رفتار غریبی از خود نشان داده است؟ چرا چهار نیرو؟ نه پنج و نه سه؟ اصولا مگر نه این‌که در طبیعت فقط یک وجود دارد و بقیه همه ساختهٔ ذهن بشر است؟

تکامل دانش اندازه‌گیری تأثیرات معجز آسا بر اندیشگی انسان داشته است به طوری که می‌توان گفت کاخ اندیشگی نوین بر پایهٔ اندازه‌گیری‌ها استوار است.

در زمینهٔ علوم نظری گامی بدیع به‌سوی «نظریهٔ جامع» برداشته شد. این نظریه می‌تواند تمامی جهان فیزیک را – مستقل از نوع مساله – توضیح دهد. خواه موضوع مربوط به‌حرکت دود سیگار باشد، خواه دور شدن کهکشان‌ها از یک‌دیگر. چشم‌انداز نهایی فیزیک نظری یا جام طلایی شوالیه‌های میز گرد فیزیک، «نظریهٔ نهایی همه چیز» است.

این نظریه که سی سال تمام ذهن اینشتین را به‌خود مشغول کرده بود دارای سوابق طولانی است. در سال ۱۹۱۹ تئودور کالوزا (آلمان ۱۹۵۴–۱۸۸۵) از دانش‌گاه کونیگسبرگ در پروس شرقی، تصمیم به‌حل معادلات نسبیت عام در فضای پنج بعدی گرفت. او در نهایت به‌حل عادی معادلات اینشتین به‌علاوهٔ حل معادلات الکترومغناتیس ماکسول رسید. به‌نظر می‌رسد معادلات ماکسول، به‌نوعی نتیجهٔ فضای نامرئی پنج بعدی است. معلوم نیست چرا کالوزا تصمیم به‌چنین تحقیقی گرفته است اما بدون تردید لحظهٔ کشف او یکی از بزرگ‌ترین لحظات دانش قرن بیستم است. چند سال بعد در ۱۹۲۶ اسکار کلین (سوئد ۱۹۷۷–۱۸۹۴) از دانش‌گاه کپنهاگ نشان داد که بُعد پنجم در عین نامرئی بودن می‌تواند واقعی باشد. سال‌ها بعد دانش‌مندان مختلف، از جمله پروفسور جان ویلر (آمریکا ۲۰۰۸–۱۹۱۱) از دانش‌گاه پرینستون، نظریات فوق جاذبه و فوق فضا را بنا کردند.

تاقبل از ۱۹۸۴ دو نظریهٔ کاملا کاراً (اما ناهم‌آهنگ) در جهان فیزیک وجود داشت. نظریهٔ جاذبهٔ سرسره‌ای که برمبنای نسبیت عام اینشتین قرار دارد و نیروی جاذبه را توضیح می‌داد و نظریهٔ معروف به «مدل استاندارد» که تئوری کوانتوم را برای توضیح نیروهای بنیادی هسته‌ای قوی، الکترومغناتیس و هسته‌ای ضعیف (رادیواکتیو) ارائه می‌کرد. مشکل از این‌جا شروع می‌شد که وقتی می‌خواستیم دو نظریهٔ فوق را ترکیب کنیم و تمامی نیروهای طبیعت را توضیح دهیم ناکام می‌ماندیم.

این ناکامی کام بسیاری از فیزیک‌دانان جهان از جمله اینشتین را تلخ کرده. این مشکلات در بعضی زمینه‌ها سوآلات ناراحت کننده‌ای را ایجاب می‌کرد که به گونهٔ فیزیک‌دانان سرخی می‌آورد و عرق شرم و ناتوانی برجبین‌شان می‌نشاند. اکنون می‌دانیم که دنیا از امواج احتمالات تشکیل شده است و هر واقعه دارای عدد احتمال وقوع است. صفر یعنی اتفاق نخواهد افتاد و یک یعنی اتفاق خواهد افتاد. در هر دو حالت تئوری‌های فیزیک نوین می‌توانند به‌خوبی و با پایه‌های مادی عمل کنند. اما چه می‌شود اگر مجموعهٔ احتمالاتِ رخ دادن یک حادثهٔ خاص بیش‌تر از صفر باشد اما به‌عدد ۱ نرسد؟ یعنی اگر مجموعهٔ احتمالاتِ رخ دادن حادثهٔ مشخصی ۰/۵ باشد چه باید گفت؟ در این صورت احتمالا باید گفت اگر در محاسبات خود به‌اشتباه نرفته باشیم و اگر ریاضیات‌مان صحیح باشد در آن‌صورت کل فیزیک‌مان غلط است! این همان اندیشه‌ای است که به ذهن فلاسفهٔ پیش از منطق فازی خطور کرده بود. امروزه منطق ظریف و توان‌مند فازی قادر به ادارهٔ پدیده‌هائی با هر احتمال وقوع از جمله ۰/۳ یا ۰/۷ شده است.

از طرف دیگر، پس از آن‌که ۴ نیروی بنیادی طبیعت به ۳ نیرو تقلیل پیدا کرد، دانش‌مندان به اصل وحدت نیروها اندیشیدند. از آن‌جا که هر نیرو را می‌توان به‌یک ذرهٔ بنیادی مربوط دانست (جاذبه را به گراویتون، به‌عنوان مثال) دانش‌مندان فیزیک هسته‌ای درانتظار دست‌یابی به‌یک ذرهٔ نهایی بودند که به‌عنوان آجرهای مادی

ساختمان جهان‌عمل کند. سوآل اساسی فلاسفهٔ علمی این بود که چرا دو نوع آجر کوارک و لپتون در ساختمان جهان به‌کار رفته است؟ تمامی ساختار فیزیك معاصر به وجود یک و فقط یک ذرهٔ بنیادی دلالت می‌کرد و تمامی دانش بشری منتظر فرا رسیدن لحظهٔ کشف آجر نهایی ساختمان جهان بود اما در حالی که همه منتظر خبر کشف ذرهٔ بنیادی بودند، خبری مثل برق در جهان پیچید. خبر این بود که خانوادهٔ ذرهٔ سومی به نام بوزون به خانوادهٔ کوارک‌ها و لپتون‌ها پیوسته است. به‌نظر می‌رسد توسن بادپای جهان به‌تلاش‌های بشر وقعی نمی‌گذارد و عملا در راه وحدت به کثرت افتاده است.

سپس یک انقلاب واقعی تمامی بدنهٔ فیزیک نظری را لرزاند. تئوری «فوق تارها» یا Super String به‌وجود آمد. تمام هیجان به‌خاطر کارهای مایکل گرین (انگلستان ۱۹۴۶) از کالج کویین مری دانش‌گاه لندن و جان شوارتز (آمریکا ۱۹۴۱) از انستیتوی تکنولوژی کالیفرنیا بود. آنان با وضع نظریهٔ فوق تارها موفق شدند تاحدودی دو نظریهٔ نسبیت عام و مکانیک کوانتوم را به‌یک‌دیگر پیوند دهند. در فضای فوق تارها، هر ذره به مثابه یک نقطه در نظر گرفته می‌شود که در فضا دارای هیچ بعدی نیست. به‌مجرد این که یکی از این ذرات بدون بعد، شروع به‌حرکت کند خطی یک بعدی درست خواهد کرد. خط یک بعدی سطح دو بعدی را خواهد ساخت و آن حجم سه بعدی را می‌سازد. آری فیزیک ـ هندسهٔ فرا نوین اقلیدسی به‌وجود آمده بود.

گرفتاری اصلی هندسهٔ اقلیدس، مطلق فرض کردن فضا و دربرنگرفتن مفهوم زمان است و این سرچشمهٔ اصلی تمام تناقضات اقلیدسی است. در سال ۱۹۸۴ زمان وارد هندسهٔ اقلیدس شد. اما قضیه از نظر ریاضی اشکال دیگری پیدا کرد. معادلات گرین و شوارتز نشان داد برای کار کردن این نظریه و هم‌آهنگ شدن نسبیت و مکانیک کوانتوم، باید ذرات بنیادی در فوق‌زمان‌مکان ۱۰ بعدی حرکت کنند. آری، برای رسیدن به‌اصل وحدت نیرو لااقل به‌فضایی ۱۰ بعدی نیاز است.

تا سال ۱۹۸۸ نظریهٔ «فوق تارها» بهترین امیدها را برای توضیح تمامی جهان فیزیک تقدیم می‌کرد تا این که در پایان دههٔ هشتاد نظریهٔ «فوق حباب‌ها» Super Membrane به‌وسیلهٔ پروفسور مایکل دوف (انگلستان ۱۹۴۹) استاد فیزیک نظری امپریال کالج دانش‌گاه لندن به‌میدان آمد. او نه تنها هر دو نظریهٔ نسبیت و کوانتوم را تا حدود زیادی هم‌آهنگ کرد بل‌که حدس‌های دیراک و توپولوژیست‌ها را نیز ملحوظ نمود و شکل غریب و غشائی جهان را نیز از آن نتیجه گرفت.

از سال‌ها قبل دو پیش‌بینی مختلف در جهان وجود داشت. اولین آن مربوط به پل دیراک فیزیک‌دان برجسته و خوش‌فکر نسل قبل که حدس زده بود ذرات بنیادی بیش‌تر ماهیت حبابی دارند تا ماهیت نقطه‌ای. دومین پیش‌بینی در توپولوژی عمومی انجام شده بود که برای برقراری اصل وحدت نیرو باید جهان را با ۱۱ بعد درنظر گرفت. در این نظریه، هر ذره در واقع نه تنها یک نقطه نیست بل یک حباب است. در نظریهٔ ۱۱ بعدی فوق‌حباب‌ها، ما در جهانی زندگی می‌کنیم که دارای چهار بعد مرئی و هفت بعد درهم‌فشردهٔ نامرئی است.

البته سوآلات آزاردهنده هنوز دست از سر فلاسفه برنداشته است: چرا باید طبیعت به‌کثرت ۱۱ بعدی افتاده باشد؟ چنین کثرت غیر منصفانهٔ غیر قابل انتظار، آن هم در راه رسیدن به‌وحدت نیرو؟! این واقعه‌ای است که تاثیر عمیقی بر اندیشگی انسان و جهان‌بینی او خواهد گذاشت به‌طوری که از هم‌اکنون تعدادی از دانش‌مندان آماده شده‌اند که اندیشهٔ «وحدت نیرو» را دربست کنار بگذارند.

در اواخر قرن، خود این بدعت‌ها از هر نوع که باشند، مورد توجه خاص قرار گرفتند. پروفسور پیتر استاروک (انگلستان ۱۹۲۴) استاد علوم فضایی دانش‌گاه استانفورد، مجمع جدیدی را برای بررسی نوآوری‌های علمی پایه‌ریزی کرد. این نوآوری‌ها طیف وسیعی را تشکیل می‌دهند، از تله‌پاتی و هیپنوتیزم گرفته تا پزشکی ناشناس ماندهٔ شرقی تا مسائل بسیار جدید ریاضی و فیزیک.

اکتشاف پدیده‌هایی که نظرگاه‌های انسان را از جهان تغییر می‌دهد، در شمال به

نوآوری تعبیر شده مورد استقبال قرار می‌گیرد. در جنوب اما، این پدیده‌ها «بدعت» خوانده می‌شود و حساسیت برمی‌انگیزد.

«یقین» علمی از زمان ارسطو پا به عرصهٔ وجود گذاشت و تا دوران دکارت (فرانسه ۱۶۵۰-۱۵۹۶) یکه‌تاز بود. در هر دستگاه علمی که قائل به نوعی مطلق مانند فضای اقلیدس یا زمان نیوتن باشد می‌توان به «یقین» رسید. رنه دکارت ریاضی‌دان و فیلسوف قرن هفدهم فرانسه و به‌وجودآورندهٔ هندسهٔ تحلیلی با تردید بی‌همتایش لرزه بر اندام «یقین» انداخت. اما خود او نیز نمی‌توانست بدون یقین زندگی کند. به‌روایتی جهان دانش‌های نوین با جست‌جوی عاشقانه اما دلهره‌آور دکارت شروع شده است. او که می‌خواست ساختمان فلسفی‌اش را روی پایه‌های مستحکمی بنا کند هرچه به‌اطراف خود نگاه کرد پایهٔ محکمی ندید. لاجرم به گذشته‌ها بازگشت. اما هرچه عقب‌تر رفت کم‌تر به‌مواد و سنگرهای قابل اطمینان برخورد. هنگامی که دکارت برای یافتن هر پای‌گاه مطلق برای شروع، ناامید شد، اندیشهٔ خود را پای‌گاه قرار داد و جهان نسبی آغاز گردید. او برای شروع، به گذشته نزدیک توجه کرد و چون پای‌گاه محکمی نیافت تا گذشته‌های دور عقب رفته همه چیز را قابل تردید یافت. پای‌گاه محکمی که او می‌خواست در گذشته‌ها نبود او ماند و تردیدش که به زجرآورترین طریقی فراگیر شده بود. دکارت به حال باز آمد و تصمیم گرفت همه چیز را خود بسازد. «حقیقت مصنوعی» را. ساختمان اندیشگی و فلسفی او به‌واقع صفر کیلومتر بود. او گفت، من به«همه» چیز شک می‌کنم، اما در این که شک می‌کنم تردید ندارم. من بی‌تردید شک می‌کنم. من شک می‌کنم پس فکر می‌کنم. فکر می‌کنم، پس هستم. این شروع دنیای جدید بود. دنیائی که بر پایهٔ وجود بشر و اندیشهٔ او بنا شده است.

چنین یقینی اما در واقع مهم‌ترین ناگزیری بشری است و پاولوف (روسیه ۱۹۳۶-۱۸۴۹) آن‌را به‌خوبی در کارهایش نشان داده است. او می‌گوید سه چیز بدترین است: انتظار، تردید و بی‌خوابی. اهل یقین لااقل تردید و بی‌خوابی را ندارند.

اما از آن‌جا که «تردید» از ضروریات پیش‌رفت بشری است، حقانیت وجودی تناقض‌بار خود را دائما و در همه‌جا می‌نمایاند. در ادبیات به‌عنوان مثال می‌بینیم که هملت تردید کرد و آن فاجعهٔ عظیم به‌راه افتاد.

امروزه حتا در دقیق‌ترین بخش‌های علوم مثل ریاضیات و فیزیک نیز دیگر نمی‌توان یقین داشت. در ریاضیات، شیطنت‌بارترین قضیهٔ همهٔ تاریخ ریاضیات، یعنی اثبات گودل که چون تاجی بر تارک جهان ریاضیات جهان می‌درخشد، تمامی پایه‌های «یقین» را از زیر ساختمان ریاضی بیرون کشید. در فیزیک هسته‌ای فروتنانه‌ترین اصل فیزیک، اصل عدم قطعیت هایزنبرگ، بقایای خاکستر «یقین» را برباد سپرد.

امواج تعمیم‌های به‌جا و نابه‌جای این اصول و اکتشافات، به‌تمامی بخش‌های اندیشگی انسان کشیده شد و ساختمانِ سنگیِ عظیم «اصل علیت» را که محکم‌ترین سنگر یقینیان بود چنان درهم شکست که هُرَّست آن گوش فلک را کر کرد.

اما یقینیان را هنوز داستان کافی نبود زیرا آنان «یقین داشتند که...» و «بی‌تردید می‌دانستند که...» و در نتیجه اگر کسی در یقین آنان شریک نباشد مستوجب مجازاتی است که «یقین» آنان تعیین می‌کند. تمامی جنگ‌ها و فتنه‌ها از «یقین» برمی‌خیزد و در تمام سطوح از آش‌پزخانه منزل گرفته تا سطح خیابان و امور سیاسی ملی و امور جهانی، همه در حال جنگ هستند چون همه «یقین دارند که...» و چیزی که در این قرن کم نداشته‌ایم جنگ بوده است. اما پروفسور استاروک اخیرا تبر را برداشته و به‌جان بقایای «یقین» افتاده است.

دیرزمانی است که تک سلولی فلسفه شروع به تقسیم کرده روان‌شناسی و جامعه‌شناسی از دل آن بیرون آمده‌اند. در عهد باستان حتا ریاضیات و پزشکی و نجوم نیز جزو آن بودند. امروزه حتا منطق و زبان‌شناسی و الاهیات و اخلاق و تعلیم و تربیت نیز از فلسفه جدا گشته‌اند. در این عصر اوضاع فلسفی به گونه‌ای دیگرگون

گشته که آن‌چه کوچک‌ترین شباهتی با فلسفهٔ کلاسیک می‌برد، یعنی بخش عظیمی از «جهان بینی» یا آن‌چه از کلمهٔ فلسفه انتظار می‌رود، در فلسفهٔ علوم متجلی شده است.

برای بررسی اوضاع فلسفهٔ علوم معاصر شیوه‌های مختلفی پیش‌نهاد شده است. از جمله به‌گونه‌ای مبالغه‌آمیز گفته‌اند که همه چیز را باید مجددا از ارستو آغاز کرد.

برای بررسی اوضاع اندیشگی در این روزگار و پرداختن به فلسفهٔ علوم، ناگزیر باید از عنصر اصلی تفکر فلسفی امروز یعنی فیزیک نظری یاد کرد. ضمن حفظ احترام برای تمامی بزرگان و پیران و پیام‌آوران تمامی خانواده‌های فکری باید اعتراف کرد که شروع دنیای نوین قرن بیستم هم از نظر زمانی هم از نظر محتوایی با مکانیک کوانتوم است. در واقع آغازگر قرن بیستم در فیزیک نوین و فلسفهٔ علوم، مکانیک کوانتوم و نسبیت بوده است.

همه چیز از ۱۴ دسامبر سال ۱۹۰۰ در آلمان شروع شد. در این روز ماکس پلانک در انجمن فیزیک‌دانان، مکانیک کوانتوم را معرفی کرد و کلید دنیای نوین و سپس فرا نوین قرن بیستم را زد.

اگر به یک گردن‌بند مروارید بنگریم دو جزء قابل تشخیص است: دانه‌های مروارید و نخ درونی. در مشاهدهٔ گردن‌بند، بدون ورود به جزئیات و به عنوان پیش فرضی ساده هم‌واره پذیرفته‌ایم که نخ پیوسته است و دانه‌ها تک‌تک و منفصل.

پلانک در مورد نخ صحبت نمی‌کند، در مورد دانه‌های مروارید صحبت می‌کند و می‌گوید دانه‌های مروارید نمی‌توانند پیوسته باشند بل‌که به صورت دانه‌های مجزا و مستقل از یک‌دیگرند. این گفتهٔ پلانک به نام مکانیک کوانتوم معروف شده است. البته پلانک به جای مروارید کلمهٔ نور را به کار برد.

پس نور یا انرژی تشعشعی مانند آبی نیست که از آب‌شاری بریزد بل‌که مانند گلوله‌های مجزای نورانی است، مانند لامپ‌های مجزای رشتهٔ چراغانی.

این سخنان انقلابی آن‌قدر عجیب بود که هیجان و ناباوری عظیمی را موجب شد. تا قبل از آن فیزیک به پدیده‌های متصل می‌پرداخت و قوانین آن را تجربه می‌کرد و پدیده‌های منفصل را به حسب مورد و تک به تک بر حسب شرایط خاص خود مورد مطالعه قرار می‌داد. این بار قرار شد که پدیده‌ای منفصل به رشتهٔ نظم کشیده شود.

و این پدیدهٔ منفصل چیست؟ نور؟ نوری که از قدیم‌الایام و در تمامی اندیشگی اسطوره‌ای – فلسفی – مذهبی بشر، نوعی هالهٔ مقدس ِ پیوسته بود؟ نوری که خود مانند نخی محکم از تمامی گوی‌های جهان می‌گذشت؟ آیا نخ گردن‌بند نیز منفصل است؟

دروازه‌ای که پلانک گشود چشم‌انداز وسیعی در اختیار گذاشت و عدهٔ زیادی را به خود جذب کرد. مکانیک کوانتوم که آن را مکانیک آماری یا مکانیک پلانک هم خوانده‌اند آغازگر جلوه‌گری‌های افسانه‌ای ستارگان درخشانی شد که در هیچ فهرستی نمی‌توان نام تمامی آنان را آورد. راهی که سرآغازش با پلانک، اینشتین، بور، رادرفورد، پاولی، دوبروی، شرودینگر، هایزنبرگ، دیراک، فرمی، زیلارد (مجارستان – آمریکا ۱۹۶۴–۱۸۹۸)، یوکاوا (ژاپن ۱۹۸۱–۱۹۰۷) و دیگران بوده است و در پایانش ستارگانی چون تایلور (انگلستان ۲۰۱۲–۱۹۳۱) و هاکینگ (انگلستان ۱۹۴۲) و ساگان (آمریکا ۱۹۹۶–۱۹۳۴) و دیگران می‌درخشند.

امروزه کم‌تر متفکری است که هنگام آوردن نام این پیام‌آوران تمایل استفاده از لقب کبیر را برای آنان در دل خود احساس نکند اما این بزرگان در زمانهٔ خود پسرانی پر از شیطنت و شور زندگی بوده‌اند و با همان شیوه زیسته‌اند. این دانش‌مندان همگی پر از کنج‌کاوی‌های کودکانه و پر از بازی‌های کودکانه بوده‌اند و همگی به سختی در راه دانش کوشیده‌اند. اگر چه ممکن است به نظر بازی‌گوش برسند اما در بازی‌هاشان به دنبال شادی و شادکامی انسان بوده‌اند.

گفته‌اند سخن بر دو نوع است: «راست» و نوع دوم. اما نوع دوم سخن بر دو نوع

است: «دروغ» و «آمار». مکانیک کوانتوم نشان داد آمار از هر «راست» به «حقیقت» نزدیک‌تر است.

بلافاصله پس از پلانک نوبت به آلبرت اینشتین می‌رسد که در حدود ۱۹۰۵ با استفاده از مکانیک پلانک توانست پدیدهٔ فوتوالکتریک را توضیح دهد.

آن‌گاه نوبت نیلز بور است که در سال ۱۹۱۳ توانست بر مبنای کارهای پلانک مدل اتمی معروف به اتم بور را به جهان معرفی کند. اتم سیاره‌ای کوانتومی بور برای نخستین بار چشم ارستوییان را به روی جهان بی‌نهایت کوچک‌ها گشود. دایناسور در سرزمین گنجشک‌ها. از هر سو دانش‌مندان سرازیر شدند و به کشف گوشه‌های سرزمین غرایب کوچولوهای گالیور پرداختند.

یکی از ظریف‌ترین این سیاحان، لویی دوبروی، شاه‌زادهٔ موسیقی‌دانی است که به کشف موسیقی درون اتم‌ها نایل آمد. همان‌گونه که هر صوت دارای یک هارمونی اصلی و تعداد زیادی هارمونی درجات دوم و سوم و پایین‌تر است که تعدادشان در سری فوریه تا بی‌نهایت جلو می‌رود، هر مدار اتم نیز دارای یک ظرفیت اصلی است. در واقع درونی‌ترین مدار با کم‌ترین مقدار انرژی را می‌توان آهنگ اصلی این ساز موسیقی در نظر گرفت که آهنگ‌های فرعی در مدارهای خارجی آن را هم‌راهی می‌کند. بین این دو مدار جز خلاء نیست و فقط امواج خلبان (خلاءبان؟) می‌توانند به این مدارهای غریب سرزمین آدم‌کوچولوهای گالیور سفر کنند.

سخنان وحی‌گونهٔ دوبروی ماخولیایی‌تر از آن بود که به دست خود او تبدیل به روابط نهایی ریاضی شود اما بلافاصله اروین شرودینگر آن را مدون کرد و به شکل مکانیک موجی منتشر ساخت. از این جا به بعد تصاویر حقیقت فلسفی در آینه‌کاری ظریف و زیبا با زوایای مختلف و ابعادگوناگون شکست. نور هم ماده است و هم موج. آلیس در سرزمین عجایب.

کسی که از موج دریا فقط اطلاعات صوتی دارد آن را آهنگی با فرکانس اندکی منظم می‌شنود. کسی که اطلاعات نوری (تو بگو از داخل هواپیما) دارد آن را

رشته‌هایی از بافته‌هایی ظریف و سفید بر زمینه‌ای از مخمل سبز می‌بیند. تنها کسی‌که اطلاعات غوطه‌ای لامسه دارد آن را «گردابی چنین هایل» می‌شناسد. دریا اما، تمامی این‌ها و بسی بیش‌تر نیست؟ ببر، با اطلاعات شنوایی یک منبع صوتی قوی است با اطلاعات لامسه یک پوست مخملی است با اطلاعات بینایی از نزدیک (که فقط بخشی از پوست را نشان دهد) مخمل موج دار است. اما ببر هر سهٔ این‌هاست و چیزهای دیگر هم هست. مکانیک موجی توانست بسیاری از پدیده‌هایی را که قبلا غیر قابل توضیح می‌نمودند توضیح دهد.

در سال ۱۹۲۹ فیزیک‌دان کمبریج پُل دیراک در تلاش برای کشف وابستگی دو مکانیک‌کوانتوم و نسبیت به معادله نسبیتی موج دست یافت و این او را به پیش‌گویی پیام‌بر گونه‌ای از نوع پیش‌گویی‌های مندلیف کشانید. پیش‌گویی ضد ماده.

سپس هایزنبرگ نشان داد در داخل آینه‌های اتم و در جهان ما هیچ پدیدهٔ قطعی وجود ندارد و نمی‌تواند داشته باشد. سپس درهای سرزمین آلیس باز شد و بسیاری برای کشف ناشناخته‌هایش سرازیر شدند و کارهایی انجام دادند که از عظمت‌شان هر چه بگوئیم کم گفته‌ایم. تئوری میدان واحد – اصل وحدت نیرو – فوق تار – فوق غشاء – و سایر اندیشگی‌ها که با ریاضیاتی مانند اصل عدم کاملیت گودل و مشاهداتی مانند سوپرنوا و مطالعاتی مانند فیزیک تکینهٔ سیاه‌چاله‌ها هم‌راه بوده است.

در زمینه‌های دیگر با ورود کامپیوتر و شعور مصنوعی یا آن چه در زبان ما به هوش مصنوعی ترجمه شده بزرگ‌ترین وقایع رخ داده است. پیش‌رفت‌های کامپیوتر به ریاضیات فاجعه و هندسهٔ آشوب و به منطق فازی منجر گردیده است به طوری که گفته‌اند، تنها مکتبی می‌تواند ادعای اعتبار کند که فلاسفه‌اش بتوانند تمامی جنبه‌های فراکتال و آشوب و فازی و فاجعه را در هر دو میدان نسبیت و مکانیک کوانتوم ببینند.

بشر هم‌واره آرزو داشته نشان دهد سرچشمهٔ این نیروها واحد است. اینشتین

بیش از سی سال در راه یافتن تئوری میدان واحد و یافتن ذرهٔ ابتدایی که سر منشاء تمامی نیروهای چهارگانه است تلاش می‌کند، تلاش‌های او به جایی نمی‌رسد.

از سال‌های ۶۰ فیزیک‌دانان با کوشش خاص مسالهٔ وحدت نیروها را پی‌گیری می‌کنند. اگر چه هنوز جوابی قطعی برای مساله به دست نیامده است، بخشی از جایزهٔ نوبل فیزیک سال ۱۹۷۹ به پروفسور عبدالسلام، دانش‌مند پاکستانی مقیم انگلستان تعلق می‌گیرد که در نشان دادن وحدت نیروهای الکترومغناتیس و رادیواکتیو و نیز در راه رسیدن به خمیرمایهٔ اولیهٔ جهان به موفقیت‌های چشم‌گیری نایل آمده است.

وحدت نیرو؟ امروزه بارقهٔ وحدت بین نیروهای چهارگانهٔ طبیعت ملاحظه می‌شود به‌طوری که بعضی دانش‌مندان مایلند پیشاپیش آن را اصل وحدت نیرو بنامند. واقعا ممکن است؟

آری، اما پیش از پرش بزرگ به اصل وحدت نیرو که به هر حال موقع آن نرسیده باید گفت، هنوز هم اتفاقاتی که غیر قابل توضیح به نظر می‌رسد در جهان رخ می‌دهد. اتفاقات بسیاری هم هستند که در گذشته رخ داده‌اند و تاکنون توضیحی برای آنان یافت نشده. توضیح کلیهٔ اتفاقاتی که تاکنون شناخته شده است اما، با کمک چهار نیروی فوق میسر بوده است. دلیلی در دست نیست که سایر اتفاقات نیز با کمک این چهار نیرو توضیح داده نشوند.

معجزهٔ رسیدن به وحدت نیرو به معنای حل کامل کلیهٔ مسائل فیزیک و جهان است که هنوز در دوردست‌ترین افق‌هاست.

پیش‌رفت‌های ریاضیات عددی و حل معادلاتی که با شیوه‌های تحلیلی غیر قابل حل بودند از دست‌آوردهای ریاضیات کامپیوتری است. دست‌رسی به پاسخ این معادلات بزرگ‌ترین آرزوی دانش‌مندان گذشته بوده است. در این زمینه می‌توان از حل معادلات دیفرانسیل با درجات بالا نام برد. هم‌چنین از ایجاد کتاب‌خانه‌های ریاضی کامپیوتری که حاوی کلیهٔ عملیات ضروری ریاضی از جمله عملیات روی

ماتریس‌ها هستند. این علم تا حد تشکل عددی معادلات دیفرانسیل پیش رفت و شیوه‌هایی مانند اجزاء محدود به خدمت گرفته شد که در بعضی موارد حل یک پارچهٔ مساله به حل چندصد هزار معادله با چند صد هزار مجهول منجر می‌شود.

این حیرت‌انگیزترین دست‌آورد جهان علوم است. ترمودینامیک آماری و اصل عدم قطعیت و در یک کلام ریاضیات کنونی به‌بی‌نهایت جهان دیگر با بی‌نهایت موجود دیگر دلالت می‌کند. ریاضیات کنونی ما، ساختمانی تصادفی است که در داخل خود آن، تصادفی بودنش نمایانده می‌شود. و نه تنها آن، که ثابت می‌شود بی‌نهایت نوع ریاضیات دیگر می‌توانست به‌جای آن به‌وجود بیاید که در هر کدام آن‌ها می‌شد تصادفی بودنش و وجود بی‌نهایت ریاضیات دیگر را دید. که از هر کدام آن‌ها بی‌نهایت نوع جهان نتیجه می‌شود و البته نه فقط جهان‌های دیگر، که موجودات دیگر.

نمایه

آسیموف، ۷۹
آشیل، ۱۹، ۹۳، ۲۰۰
آقسرائی، ۳۲
آکویناس، ۵۹
آنالیسبرگ، ۶۵
ابن رشد، ۳۰، ۳۶، ۶۱
ابن‌هیثم، ۳۸
اپیکور، ۳۲
ارستو، ۷، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۲، ۳۳، ۳۶، ۴۴، ۴۵، ۴۷، ۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۱، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۶، ۵۷، ۵۹، ۶۰، ۶۱، ۶۲، ۶۶، ۶۷، ۶۹، ۷۱، ۷۷، ۸۶، ۹۱، ۹۷، ۹۸، ۱۰۵، ۱۶۰، ۱۹۰، ۱۹۱، ۲۱۳، ۲۲۶، ۲۲۸، ۲۳۰
اسپوسیپ، ۴۷
استاروک، ۲۲۵، ۲۲۷
اسکندر، ۱۳، ۴۷، ۴۸، ۵۷
اعتصام زاده، ۳۱
افلاتون، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۴۷، ۴۸، ۴۹، ۵۷، ۷۷، ۷۸، ۲۰۲
اقبال لاهوری، ۳۱، ۲۳۶
اقلیدس، ۱۰۰، ۱۷۹، ۱۸۱، ۱۹۲، ۲۰۲، ۲۰۳، ۲۰۴، ۲۰۵، ۲۰۶، ۲۰۷، ۲۰۹، ۲۱۰، ۲۱۱، ۲۱۲، ۲۱۳، ۲۱۴، ۲۱۵، ۲۱۶، ۲۱۷، ۲۱۸، ۲۲۴، ۲۲۶
اوپنهایمر، ۱۴۲
اهرن‌فست، ۱۳۶
اینشتین، ۸، ۱۸، ۱۹، ۲۸، ۷۷، ۸۸، ۹۱، ۹۷، ۱۰۱، ۱۰۵، ۱۰۶، ۱۰۷، ۱۰۸، ۱۰۹، ۱۱۰، ۱۱۷، ۱۱۸، ۱۱۹، ۱۲۰، ۱۲۲، ۱۲۴، ۱۲۶، ۱۲۸، ۱۲۹، ۱۳۰، ۱۳۳، ۱۳۴، ۱۳۵، ۱۳۶، ۱۳۷، ۱۳۹، ۱۴۱، ۱۴۳، ۱۴۴، ۱۶۸، ۱۶۹، ۱۹۲، ۲۰۸، ۲۲۰، ۲۲۲، ۲۲۳، ۲۲۹، ۲۳۰، ۲۳۱
بابا افضل، ۲۹، ۳۰
بتهوون، ۱۹۳
برار، ۴۰
براون، ۱۰۷
بل، ۱۴۴، ۱۴۵
بلعمی، ۳۳

بور، ۸، ۱۸، ۱۲۲، ۱۲۳، ۱۲۴، ۱۲۵، ۱۲۶، ۱۲۷، ۱۳۰، ۱۳۱، ۱۳۳، ۱۳۴، ۱۳۵، ۱۳۷، ۱۴۱، ۱۴۳، ۲۲۹، ۲۳۰
بول، ۶۴
بولتزمن، ۱۹۰، ۱۹۱
بهار، ۲۹، ۳۰، ۳۳، ۱۳۸
بهاءالدین ولد، ۳۴
بیرونی، ۳۱
پاولف، ۲۲۶
پاولی، ۸، ۱۲۶، ۱۲۷، ۱۲۸، ۱۳۱، ۱۳۳، ۱۳۴، ۱۳۹، ۱۴۰، ۱۴۱، ۱۴۵، ۲۲۹
پروتاگوراس، ۲۲
پلانک، ۸، ۸۸، ۸۹، ۱۰۱، ۱۰۲، ۱۰۳، ۱۰۴، ۱۰۵، ۱۰۷، ۱۲۹، ۱۳۰، ۱۳۲، ۱۳۳، ۱۹۲، ۲۰۸، ۲۲۸، ۲۲۹، ۲۳۰
پوانکاره، ۱۸۱، ۱۹۱
پوپر، ۱۸۱
پودولسکی، ۱۴۴
تالس، ۲۵، ۲۰۴، ۲۰۵
تایلور، ۲۲۹
جوردانو، ۵۹، ۱۱۴
چامسکی، ۷۹
حلبی، ۳۱، ۴۵، ۶۱، ۲۳۶
حلی، ۲۹
خاقانی، ۳۳، ۳۴
خروشچف، ۸۳
خواجه نصیر، ۲۹
خیام، ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۶، ۳۷، ۴۱، ۴۲، ۴۳، ۴۵، ۱۳۸
دایه، ۴۱
دشتی، ۳۷
دکارت، ۲۲۶
دموکریتوس، ۱۷
دوبروی، ۸، ۱۲۵، ۱۲۸، ۱۳۳، ۱۳۴، ۱۴۳، ۲۰۸، ۲۲۹، ۲۳۰
دوف، ۲۲۵
دیدرو، ۴۰
دیراک، ۸، ۱۸، ۹۷، ۱۲۹، ۱۳۳، ۱۳۴، ۱۳۶، ۱۳۷، ۱۳۹، ۱۴۱، ۲۰۸، ۲۲۵، ۲۲۹، ۲۳۱

رادرفورد، ۱۲۳، ۲۲۹
رازی، ۲۹، ۳۶، ۴۱، ۱۳۳
راسل، ۷، ۶۶، ۶۷، ۷۱، ۷۲، ۷۳، ۷۵، ۷۶، ۷۷، ۷۹، ۸۰، ۸۱، ۸۲، ۸۳، ۸۵، ۸۶، ۹۰، ۹۱، ۹۳، ۹۶، ۹۸
راکفلر، ۱۳۱
راوندی، ۳۲، ۲۳۶
روزن، ۱۴۴
روسو، ۴۷، ۸۸
ریمان، ۱۰۰، ۱۸۱، ۲۱۲، ۲۱۳، ۲۱۶
زرملو، ۱۹۱
زنون، ۱۹
زیلارد، ۲۲۹
سارتر، ۶۶
ساگان، ۲۲۹
سجادی، ۳۷
سقرات، ۱۳، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۵، ۲۷، ۴۰، ۵۸
سلوای، ۸، ۱۳۳، ۱۳۷
سنائی، ۳۴، ۳۵، ۳۶، ۳۷، ۳۸
سوزنی سمرقندی، ۳۳
سیسرون، ۱۵
سینا، ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۶، ۴۳، ۴۵
سیوطی، ۴۴
شرودینگر، ۸، ۸۸، ۱۰۴، ۱۲۸، ۱۲۹، ۱۳۳، ۱۳۴، ۱۳۷، ۱۴۳، ۲۲۹، ۲۳۰
شریف، ۴۰
شفیعی کدکنی، ۳۹، ۴۰
شمس تبریزی، ۳۴، ۴۳
شوارتز، ۲۲۴
شوارتز چیلد، ۱۷۱
شهاب، ۲۰، ۳۰، ۳۳، ۳۴
شهرزوری، ۳۱
صفا، ۳۲، ۸۸
عبدالسلام، ۲۳۲
عطار، ۳۴، ۳۶

عین‌القضاة همدانی، ۳۳
غزالی، ۲۹، ۳۶، ۴۲، ۴۳، ۴۴، ۴۵، ۶۰، ۶۱
فارابی، ۲۹، ۳۶، ۴۵
فردوسی، ۳۰
فرزانه، ۳۳، ۴۲
فرگه، ۷، ۶۴، ۶۵، ۶۶، ۶۷، ۶۸، ۶۹، ۷۰، ۷۱، ۷۲، ۷۳، ۷۵، ۷۶، ۷۸، ۸۰، ۸۱، ۸۲، ۸۶، ۹۱، ۹۶، ۹۸
فرما، ۲۶، ۳۸، ۶۶، ۸۶، ۸۷، ۲۰۲
فرمی، ۸، ۱۳۸، ۱۳۹، ۱۴۰، ۲۲۹
فوریه، ۲۳۰
فیثاغورث، ۱۶
فینمن، ۸، ۱۴۰، ۱۴۲، ۱۴۳
قاورد، ۳۳
قربانی، ۳۸، ۲۱۳
قزوینی، ۴۳
قطب‌الدین شیرازی، ۳۰
قفطی، ۴۲
کارناپ، ۷۳
کارنو، ۱۸۲، ۱۸۴، ۱۸۵
کاسب، ۳۲، ۲۳۷
کالوزا، ۲۲۲
کانت، ۷۷، ۸۴
کانتور، ۲۰۴
کلین، ۲۲۲
کندی، ۸۳
گاوس، ۲۱۲
گرگیاس، ۲۲
گرین، ۲۲۴
گل‌من، ۱۴۲
گودل، ۷، ۸۵، ۸۶، ۹۰، ۹۱، ۹۲، ۹۳، ۹۴، ۹۵، ۹۶، ۹۷، ۹۸، ۲۲۷، ۲۳۱، ۲۳۷، ۲۳۸
لاپلاس، ۸۵، ۱۰۹، ۱۱۹، ۲۲۰
لاسکر، ۸۴
لاگرانژ، ۲۲۰
لاوازیه، ۲۰۴

لایبنیتز، ۷۱
لطفی زاده، ۸۶
لنین، ۸۳
لوباچفسکی، ۱۰۰، ۱۸۱، ۲۱۲، ۲۱۳، ۲۱۶
ماری مرک، ۱۰۲
ماکسول، ۱۰۱، ۱۰۹، ۱۸۱، ۲۲۲
ماودلین، ۱۴۵
مایکلسون، ۱۱۰، ۱۴۳
محمود غزنوی، ۳۳، ۳۹
معری، ۳۲
معین، ۳۷
ملاصدرا، ۳۰
ملک‌شاه، ۴۳
مندلیف، ۱۶، ۱۲۷، ۱۴۰، ۱۴۲، ۲۳۱
موحد، ۳۶
مورلی، ۱۱۰، ۱۴۳
مولوی، ۳۴، ۳۶، ۵۹
مینوی، ۳۷
ناصرخسرو، ۳۰
نفیسی، ۳۱
نیوتن، ۲۰، ۲۸، ۵۹، ۷۶، ۷۷، ۱۰۱، ۱۰۴، ۱۰۵، ۱۰۹، ۱۱۰، ۱۱۲، ۱۱۹، ۱۳۴، ۱۶۹، ۱۹۱، ۲۲۰، ۲۲۶
وان‌هی‌جنورت، ۸۱
وایتهد، ۷، ۷۲، ۷۴، ۷۵، ۷۶، ۷۷، ۷۸، ۷۹، ۸۰، ۸۲، ۸۵، ۸۶، ۹۰، ۹۱، ۹۶، ۹۸
ولتر، ۴۰
ویتگنشتاین، ۲۸، ۶۴، ۶۶، ۶۷، ۷۲، ۷۳
ویلر، ۲۲۲
هابل، ۱۵۰، ۱۵۲، ۱۵۷
هاوکینگ، ۱۸۱، ۲۲۹
هایزنبرگ، ۸، ۱۸، ۸۶، ۸۸، ۹۷، ۱۲۷، ۱۲۹، ۱۳۰، ۱۳۱، ۱۳۲، ۱۳۳، ۱۳۴، ۱۳۷، ۱۷۶، ۲۲۷، ۲۲۹، ۲۳۱
همائی، ۳۴
هیپودام، ۲۵

هیتلر، ۸۳، ۸۴، ۸۸، ۸۹، ۱۰۲، ۱۲۹، ۱۳۱
هیگز، ۱۴۳
هیلبرت، ۷، ۸۴، ۸۵، ۸۶، ۸۷، ۸۸، ۸۹، ۹۱، ۹۶، ۹۷، ۹۸، ۱۲۹
یوکاوا، ۲۲۹
یوکن، ۶۵، ۶۶

مراجع و کتاب‌شناسی

فیزیک، ارسطو، محمد حسن لطفی، طرح نو، تهران، ۱۳۸۹
اخلاق نیکوماخوس، ارسطو، محمد حسن لطفی، طرح نو، تهران، ۱۳۸۹
متافیزیک، ارسطو، محمد حسن لطفی، طرح نو، تهران، ۱۳۸۹
متافیزیک، ارسطو، شرف‌الدین خراسانی، حکمت، تهران، ۱۳۸۹
ارسطو، مارتا نوسباوم، عزت‌الله فولادوند، طرح نو، تهران، ۱۳۸۹
سیاست، ارسطو، حمید عنایت، جیبی، تهران، ۱۳۹۳
فن شعر، ارسطو، عبدالحسین زرین کوب، امیرکبیر، تهران، ۱۳۹۳
هنر شعر، ارسطو، سهیل محسن افنان، حکمت، تهران، ۱۳۸۸
ارسطو، ورنر یگر، حسین کلباسی اشتری، امیرکبیر، تهران، ۱۳۹۲
خطابه، ارسطو، اسماعیل سعادت، هرمس، تهران، ۱۳۹۲
آثار علوی، ارسطو، اسماعیل سعادت، هرمس، تهران، ۱۳۹۳
در کون و فساد، ارسطو، اسماعیل سعادت، نشر دانشگاهی، تهران، ۱۳۷۷
در آسمان، ارسطو، اسماعیل سعادت، هرمس، تهران، ۱۳۹۰
تاریخ فلسفه غرب، برتراند راسل، نجف دریابندری، پرواز، تهران، ۱۳۹۴
سیر حکمت در اروپا، محمد علی فروغی، زوار، تهران، ۱۳۸۴
سرگذشت فلسفه، براین مگی، حسن کامشاد، نی، تهران، ۱۳۹۲
رساله نفس، ارسطو، بابا افضل کاشانی، ملک‌الشعرا بهار، اساطیر، تهران، ۱۳۸۴
منطق، ارسطو، میر شمس‌الدین ادیب سلطانی، نگاه، تهران، ۱۳۹۰
ایساغوجی، فرفوریوس، مقولات، ارسطو، محمد خوانساری، نشر دانشگاهی، تهران، ۱۳۹۴
هستی شناسی تطبیقی ارسطو، غلامرضا رحمانی، بوستان کتاب، قم
مثال خیر، هانس گئورگ گادامر، حسن فتحی، حکمت، تهران، ۱۳۹۳
نفس، ارسطو، علیمراد داودی، حکمت، تهران، ۱۳۹۳
تاریخ فلسفه، ویل دورانت، عباس زریاب خوئی، دانش، تهران
تاریخ فلسفه، فردریک کاپلستون، جلال‌الدین مجتبوی، علمی فرهنگی، تهران، ۱۳۸۰
تاریخ فلاسفهٔ ایرانی از آغاز اسلام تا امروز/ علی اصغر حلبی/ زوار/ تهران/ ۱۳۶۱
مقدمهٔ رباعیات خیام/ اعتصام زاده/ سعید نفیسی/ بروخیم/ تهران ۱۳۱۰
سیر فلسفه در ایران/ محمد اقبال لاهوری/ ا. ح. آریان پور/ امیر کبیر/ تهران ۱۳۵۷
تاریخ علوم عقلی در تمدن اسلامی/ ذبیح‌الله صفا/ امیرکبیر/ تهران/ ۱۳۵۶
تاریخ اجتماعی ایران/ مرتضا راوندی/ امیرکبیر/ جلد۴/ قسمت اول و دوم تهران/ ۱۳۶۷/ جلد

دوم/ حکومت‌ها و سلسله‌های ایران از حملهٔ اعراب تا استقرار مشروطیت/ ۱۳۵۶/ جلد سوم/ ۱۳۵۷
تاریخ سلاجقه/ محمود بن محمد آقسرائی/ انجمن تاریخ ترک/ آنقره/ به اهتمام و تصحیح عثمان توران/ انتشارات اساطیر/ تهران/ ۱۳۶۲
رباعیات خیام/ بر اساس نسخهٔ کمبریج/ با مقابله با نسخهٔ مسکو/ مقدمه و تحقیق عزیزالله کاسب/ انتشارات رشیدی/ تهران/ ۱۳۶۶
خیام شناخت/ محسن فرزانه/ خوشه/ تهران ۱۳۵۳
خیامی‌نامه/ جلال‌الدین همائی/ انجمن آثار ملی ۵۵ / تهران ۱۳۴۶
دست نوشتهٔ دکتر صمد موحد برای صاحب این کلمه پرداز.
گزیدهٔ سنائی غزنوی/ ضیاءالدین سجادی/ زوار/ تهران/ ۱۳۶۵
دمی با خیام/ علی دشتی/ امیرکبیر/ تهران/ ۱۳۵۶
زندگی‌نامهٔ ریاضی‌دانان دورهٔ اسلامی/ ابوالقاسم قربانی/ مرکز نشر دانش‌گاهی/ تهران/ ۱۳۶۵
اسرارالتوحید فی مقامات شیخ ابی‌سعید/ مقدمه و تصحیح و تعلیقات محمدرضا شفیعی کدکنی/ جلد دوم/ آگاه/ تهران/ ۱۳۶۶
دست نوشتهٔ استاد شفیعی کدکنی برای صاحب این کلمه پرداز.
تاریخ فلسفه در اسلام/ به کوشش میان محمد شریف/ جلد اول/ ص ۳۲۷ / مرکز نشر دانش‌گاهی/ تهران/ ۱۳۶۵
تهافت‌الفلاسفه/ ابوحامد محمد غزالی/ علی‌اصغر حلبی/ انتشارات زوار/ تهران/ ۱۳۶۳
خیام و ترانه‌ها / مسعود خیام / انتشارات نخستین / تهران / ۱۳۷۵
درآمدی به منطق، گراهام پریست، امیر دیوانی، دانشگاه مفید، تهران، ۱۳۸۳
فلسفه منطق، هیلاری پاتنم، مازیار چیت ساز، حکمت، تهران، ۱۳۹۲
درآمدی بر فلسفه علم، پیتر گادفری اسمیت، نواب مقربی، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، تهران، ۱۳۹۲
افلاتون و اینترنت، کیرُن اهارا، محست محمودی، افسون خیال، تهران، ۱۳۹۳
آشنایی با منطق ریاضی، هربرت بیزاندرتون، غلامرضا خسرو شاهی و دیگران، نشر دانشگاهی، تهران، ۱۳۹۳
فلسفه به زبان ساده، جنی تیچمن و دیگران، اسماعیل سعادتی، سهروردی، تهران، ۱۳۸۹
قضیه گودل، ارنست نیگل و دیگران، رضا امیر رحیمی، نیلوفر، تهران، ۱۳۹۳
برهان گودل، ارنست نیگل و دیگران، محمد اردشیر، مولی، تهران، ۱۳۶۴
علم و عقلانیت، نزدپل‌فایرابند، غلامحسین مقدم حیدری، نی، تهران، ۱۳۹۳
فلسفه علم، جیمز لیدیمن، حسین کرمی، حکمت، تهران، ۱۳۹۳
مبانی فلسفه تکنولوژی، جوزف پیت، مصطفی تقوی، آمه، تهران، ۱۳۹۳
فلسفه علم، رودلف کارناپ، یوسف عقیقی، نیلوفر، تهران، ۱۳۹۳

فلسفه علم، آلکس روزنبرگ، مهدی دشت بزرگی و دیگران، طه، تهران، ۱۳۹۳
منطق اکتشاف علمی، کارل ریموند پوپر، سید حسین کمالی، علمی فرهنگی، تهران، ۱۳۹۱
تاریخ و فلسفه علم، هلزی هال، عبدالحسین آذرنگ، سخن، تهران، ۱۳۹۱
از ارسطو تا گودل، ضیا موحد، هرمس، تهران، ۱۳۹۲
مبانی منطق جدید، لطف‌الله نبوی، سمت، تهران، ۱۳۷۷
تأملات اینترنتی، مسعود خیام، مرکز، تهران، ۱۳۷۶
منطق ریاضی، محمد اردشیر، هرمس، تهران، ۱۳۹۳
فلسفه زیست‌شناسی، آلکساندر روزنبرگ و دیگران، پریسا صادقیه، پیام امروز، تهران، ۱۳۹۲
در باب یقین، لودویگ ویتگنشتاین، مالک حسینی، هرمس، تهران، ۱۳۹۲
کتاب آبی، لودویگ ویتگنشتاین، مالک حسینی، هرمس، تهران، ۱۳۹۳
زیبایی‌شناسی ویتگنشتاین، مرتضی عابدینی فرد، ققنوس، تهران، ۱۳۸۹
عرفان و منطق، برتراند راسل، نجف دریابندری، ناهید، تهران، ۱۳۸۹
قدرت، برتراند راسل، نجف دریابندری، خوارزمی، تهران، ۱۳۹۰
جهان‌بینی علمی، برتراند راسل، حسن منصور، آگاه، تهران، ۱۳۹۳
اتمیسم منطقی، برتراند راسل، جلال پی‌کانی، علم، تهران، ۱۳۸۸
برتراند راسل، رابرت اگنر و دیگران، کاظم فیروزمند، مهرویستا، تهران، ۱۳۹۳
سیری در متافیزیک، برایان گرت، علی علیپوری و دیگران، علمی فرهنگی، تهران، ۱۳۹۲
فلسفه علوم، هاشم گلستانی، مشعل، اصفهان، ۱۳۶۸
فلسفه ریاضی، کارناپ و دیگران، آستیم، مطالعه فرهنگها، تهران، ۱۳۵۹
مکانیک کوانتومی، دیوید گریفیث، حمیدرضا مشفق و دیگران، کتاب دانشگاهی، تهران، ۱۳۹۲
مکانیک کوانتومی، کلود کوهن و دیگران، محمد فرهاد رحیمی و دیگران، نشر دانشگاهی، تهران، ۱۳۹۳
مکانیک کوانتومی مدرن، ساکورایی، مسعود علیمحمدی و دیگران، دانشگاه تهران، ۱۳۹۲
اصول مکانیک کوانتومی، رامامورتی شنکار، حسین صالحی، دانش نگار، تهران، ۱۳۹۱
تکامل فیزیک، آلبرت اینشتین و دیگران، احمد آرام، خوارزمی، تهران، ۱۳۶۱
مقالات علمی آلبرت اینشتین، محمود مصاحب، فرانکلین، تهران، ۱۳۴۶
نسبیت، آلبرت اینشتین، محمدرضا حیدری خواجه پور، خوارزمی، تهران، ۱۳۶۲
اینشتین به زبان ساده، ژوزف شوارتز و دیگران، عاصمی، رزم، تهران، ۱۳۵۹
اینشتین، فیلیپ فرانک، حسن صفاری، امیرکبیر، تهران، ۱۳۴۶
اینشتین، جرمی برنشتاین، احمد بیرشک، خوارزمی، تهران، ۱۳۶۱
اینشتین به آرایشگرش چه گفت؟ رابرت ولک، گیتی شهیدی، هورمزد، تهران، ۱۳۹۴
مفهوم نسبیت اینشتین، برتراند راسل، مرتضی طلوعی، امیرکبیر، تهران، ۱۳۴۰
حاصل عمر، آلبرت اینشتین، ناصر موفقیان، علمی فرهنگی، تهران، ۱۳۹۳

نظریه نسبیت خاص و عام، آلبرت اینشتین، علی بهفروز، انتشار، تهران، ۱۳۹۳
اینشتین و شاعر، ویلیام هرمان، ناصر موفقیان، علمی فرهنگی، تهران، ۱۳۷۴
۱۰۰ دانشمندی که جهان را تغییر دادند، جان بالچین، یوسف عرفانی و دیگران، مازیار، تهران، ۱۳۹۴
علم، نظریه و انسان، اروین شرودینگر، احمد آرام، انتشار، تهران، ۱۳۹۲
علم به کجا می‌رود، ماکس پلانک، احمد آرام، انتشار، تهران، ۱۳۹۲
پرسش‌های بزرگ، استیون لندزبرگ، حمیدرضا ارباب، علمی، تهران، ۱۳۹۱
جهان فیزیکدانان، وکلر، نورالدین فرهیخته، نگاه، تهران، ۱۳۵۹
من ریاضی‌دانم، نوربرت وینر، پرویز شهریاری، فاطمی، تهران، ۱۳۶۴
تصویر جهان در فیزیک جدید، ماکس پلانک، مرتضی صابر، جیبی، تهران، ۱۳۵۹
کوانتوم، بنش هوفمان، بهرام معلمی، مازیار، تهران، ۱۳۹۲
ساختمان خورشید، ماسویچ، محمود کیانوری، آبان، تهران، ۱۳۵۵
جهان در پوست گردو، استیون هاوکینگ، محمد رضا محجوب، حریر، تهران، ۱۳۹۳
تاریخچه زمان، استیون هاوکینگ، محمد رضا محجوب، انتشار، تهران، ۱۳۹۳
چرا اندازه مهم است؟ جان تایلر بونر، محمدرضا توکلی صابری، مازیار، تهران، ۱۳۹۰
جزء و کل، ورنر هایزنبرگ، حسین معصومی همدانی، نشر دانشگاهی، تهران، ۱۳۹۳
در آن سوی کوانت، پانوماریف، هوشنگ طغرائی، میر، مسکو
شگفتی‌های کیهان، برایان کاکس و دیگران، محمد اسماعیل فلزی، مازیار، تهران، ۱۳۹۴
۶ نظریه‌ای که جهان را تغییر داد، پل استراترن، بهرام معلمی و دیگران، مازیار، تهران، ۱۳۹۴
هایزنبرگ احتمالا اینجا خوابیده، ریچارد برنان، حبیب‌الله فقیهی نژاد، اطلاعات، تهران، ۱۳۸۹
کوارک‌ها و لپتون‌ها، جرالد فاینبرگ و دیگران، محمدرضا حیدری خواجه پور، گستره، تهران، ۱۳۶۱
ذره خدا هیگز، جیم باگوت، علی بهفروز، انتشار، تهران، ۱۳۹۳
پیام آور کیهان، آلکساندر کازانتسف، مرتضی صابر، گوتنبرگ، تهران
پیدایش و تکامل حیات، زابلین، پرویز قوامی، روزبهان، تهران، ۱۳۶۱
حکایت‌های علمی، ایدرین‌بری، محمد تقی فرامرزی و دیگران، مازیار، تهران، ۱۳۹۴
سیاهچاله، مسعود خیام، گستره، تهران، ۱۳۶۳
فیزیک آینده، میچیو کاکو، رامین رامبد، مازیار، تهران، ۱۳۹۳
فیزیک ناممکن‌ها، میچیو کاکو، رامین رامبد، مازیار، تهران، ۱۳۹۳
نظریه علمی چیست؟ موتی‌بن‌آری، فریبرز مجیدی، مازیار، تهران، ۱۳۹۲
بیگ بنگ، فلسفه و خدا، جانر تاسلامان، رامین کریمی ثالث، هورمزد، تهران، ۱۳۹۲
داستان اتم و کوانتوم، بهنام محمد پناه، سبزان، تهران، ۱۳۹۴
افسون فیزیک، کریستوفرپی و دیگران، بهرام معلمی و دیگران، مازیار، تهران، ۱۳۹۳
کیهانشناسی، ویرجینیا تریمبل، محمدرضا حیدری خواجه پور، گستره، تهران، ۱۳۵۹

ماده و انسان، واسیلیف و دیگران، پرویز قوامی، جیبی، تهران، ۱۳۵۶
راسل، گریلینگ، امیر سلطان‌زاده، علم، تهران، ۱۳۹۳
دیدگاه‌های فلسفی فیزیکدانان معاصر، مهدی گلشنی، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، تهران، ۱۳۹۰
ماده و آگاهی، پاول چرچلند، امیر غلامی، مرکز، تهران، ۱۳۹۳

Physics and Beyond, Werner Heisenberg.
The Principles of Quantum Mechanics, Paul Dirac.
The Grand Design, Stephen Hawking.
The Nature of Space and Time, Stephen Hawking.
Geometry, Relativity and the Fourth Dimension, Rudilf Rucker.
North Star to Southern Cross, Will Kyselka & Ray Lanterman.
Cosmic Connection, Carl Sagan.
The Radiant Universe, Hans Rohr.
Man Probes the Universe, Colin Ronan.
Exploring the Galaxies, Patrick Moore.
Colour Star Atlas, Patrick Moore.
An Introduction to Practical Astronomy, Brian Jones.
Talking Philosophy, A.W.Sparkes.
What is Intelligence, Jean Khalfa.
Search for a Naturalistic World View, Abner Shimony, Cambridge University Press.
Philosophy of Logic, Quine, Harvard University.
Ideas and Realities, Abdus Salam, World Scientific.
Fundamentals of Physics, Henry Semat
Quantum Non-Locality and Relativity, Tim Maudlin, Wiley - Blackwell.
A Universe from Nothing, Lawrence Krauss.
Ideas and Opinions, Albert Einstein, Condor Book.
Black Holes & Baby Universes, Stephen Hawking.
Quantum Mechanics for Science and Engineering, Herbert Pohl, Prentice-Hall
Exploring the Planetarium, Patrick Moore, Odhams Books.
Stanford Encyclopedia of Philosophy

Encyclopaedia Britannica
Internet Encyclopedia of Philosophy
Wikipedia the free Encyclopedia

برخی کتاب‌های این نویسنده

ادبی

- شاه‌نامه در بمباران، آرش، استکهلم، ۱۹۹۳ + کاوه‌ی آهنگر و ضحاک‌ماردوش، فرهنگ و هنر، تهران، ۱۳۶۹
- خط آینده، نگاه، تهران، ۱۳۷۳
- زار بر سر سبزه، آرش، استکهلم، ۱۹۹۶ + خیام و ترانه‌ها، نخستین، تهران ۱۳۷۵ + فکر روز، تهران، ۱۳۷۹
- گلستان سعدی برای نوجوانان، ابتکار نو، تهران، ۱۳۸۳
- موش و گربه، عبید زاکانی، ابتکار نو، تهران، ۱۳۸۴
- شعر نو برای مبتدیان جوان، ابتکار نو، تهران، ۱۳۸۴
- پادشاه صورت و معنا، ابتکار نو، تهران، ۱۳۸۸
- احمد شاملو – عکس فوری، گوشه، تهران، ۱۳۹۳
- شاهنامه برای جوانان، نگاه، تهران، ۱۳۹۴

داستان

- قفس شطرنج، آرش، استکهلم، ۱۹۹۲ + روشنگران، تهران، ۱۳۷۱
- ژ، عطایی، تهران، ۱۳۷۹

- باغ جهانی، انگلیسی، ابتکارنو، تهران، ۱۳۸۲
- پیام آور لال، نگاه، تهران، ۱۳۸۳
- سنگ کاغذ قیچی، آرش، استکهلم، ۲۰۰۵
- دوزخ غزل‌های سلیمان، گامل، استکهلم، ۲۰۰۷
- داستان عشق ایرانی، اینترنت، انگلیسی، ۲۰۰۸
- مشرق غزل‌های سلیمان، اینترنت، انگلیسی، ۲۰۱۳

فلسفه علوم

- سیاه‌چاله‌ها، گستره، تهران، ۱۳۶۳
- تأملات اینترنتی، مرکز، تهران، ۱۳۷۶

مقالات

- آزادی رنگ و خنده، نارنج، تهران، ۱۳۷۷
- در فاصله‌ی آژیرها، کتاب ایران، تهران، ۱۳۷۷
- مجمع‌الجزایر شاعران پرومته، زمان، تهران، ۱۳۷۹
- کاره سرباز در مونپارناس، ابتکار نو، تهران، ۱۳۸۳
- کرانه عشق، ناشر، تهران، تاریخ

ترجمه

- شب ایگوانا، تنسی ویلیامز، نشر قطره، تهران، ۱۳۸۶

«حقیقت» تعبیر ما از «واقعیت» است