

# فلسفہ فیزیک



ماکس پلانک

ترجمہ دکترا سید محمد عترتی خسرو شاہی

# فلسفہ فیزیک

تألیف

پروفیسور ماکس پلانک

ترجمہ

دکتر سید محمد عترتی خسرو شاہی

نشر بقعہ

تابستان ۱۳۸۱

پلانک، ماکس کارل ارنست لودویک، ۱۸۵۸ - ۱۹۴۷ م.  
Planck, Max Karl Ernest Ludwig  
فلسفه فیزیک / تألیف ماکس پلانک؛ ترجمه محمد عترتی  
خسروشاهی. - تهران: بقیه، ۱۳۸۱.  
۱۰۰ ص.

ISBN 964-6887-28-7

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیبا.  
عنوان به انگلیسی: The philosophy of physics.  
واژه نامه.

۱. فیزیک - فلسفه. الف. عترتی خسروشاهی، محمد،  
مترجم. ب. عنوان.

۵۳۰/۰۱

ف۸ پ۶/۶ QC

۱۳۸۱

م۸۱-۱۰۰۵۲

کتابخانه ملی ایران



## فلسفه فیزیک

سید محمد عترتی خسروشاهی

ویراستاران: سید ضیاء الدین اعلی زاده - الهه محبی

طراح جلد: حمیدرضا رحمانی

حروف نگاری و صفحه آرایی: نشر بقیه (ترگس گل یاس)

لیتوگرافی و چاپ: دلارنگ

چاپ اول: ۲۰۰۰ جلد

شابک: ۹۶۴-۶۸۸۷-۲۸۷

حق چاپ محفوظ است. تهران، صندوق پستی ۱۶۵۳۵-۳۱۳

Email: nashreboghe@yahoo.com

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## فهرست مطالب

- ۱۱ ..... فیزیک و فلسفهٔ جهان
- ۳۵ ..... علیت در طبیعت
- ۶۷ ..... اندیشه‌های علمی: ریشه‌ها و اثرات آنها
- ۹۱ ..... علم و ایمان

## سخن مترجم

پرسش و کنجکاوی از بدو خلقت در طبیعت انسان‌ها وجود داشته و همواره نیز وجود خواهد داشت، چرا که به نظر می‌رسد تنها در این صورت است که می‌توانیم به روزنهٔ امیدی برای دست یافتن به پاسخ سؤال‌هایی که در طول زندگی برای ما مجهول بوده‌اند برسیم. هر پرسش به دو شکل مطرح می‌شود:

۱- مخالفت با پاسخ دهنده‌ها و نفی آنها

۲- یادگیری و ارضای نیاز به دانستن

شاید بتوان نوع اول را جهالت و ظلمت و دومی را پرواز روح و ارضای آن برای روشن‌تر شدن حقایق تلقی کرد. مطمئناً قبول دارید هر پرسش سازنده‌ای، خود نیز می‌تواند بسیار روشن‌کننده باشد، به شرط آن که انگیزهٔ آن، شور و عشق و کنجکاوی و تا حدودی سردرگمی و احساس پریشان‌حالی چیز دیگری نباشد. قطعاً این انگیزه و عشق، بیشتر برای سؤالاتی با ارزش فرامادی مانند فلسفهٔ آفرینش، چگونگی و زمان آن، نقش انسان‌ها در صحنهٔ آفرینش، توانمندی، صحت و حدود قوانین حاکم بر طبیعت، ارادهٔ انسان، آزادی، علیت و یا عدم وجود آن ... می‌تواند مطرح باشد.

در طول تاریخ علم، سؤالاتی از این قبیل برای بسیاری اهمیت خاصی داشته است، اشخاصی که، نه بر حسب اتفاق، در طبقهٔ طبیعی دانان (فیزیکدانان، شیمی دانان، زیست‌شناسان ...) قرار داشته‌اند.

در این کتاب، پلانک به عنوان یک فیزیکدان برجسته و بنیانگذار فیزیک کوانتوم و عضو فعال جامعه فیلسوفان آلمان توانسته است با مهارت خود نکات بسیار مهم و ارزشمند مربوط به فیزیک و فلسفه جهان را در چهار فصل به تصویر کشاند. به اعتقاد او فیزیک به عنوان مادر تمام علوم جایگاه خاصی در حفظ آرمان‌های اخلاقی و معنوی بشریت دارد، چرا که فیزیک بر اساس اصل عدم تناقض پی‌ریزی شده است و این ویژگی به روشنی در اخلاق به معنای صداقت و حقیقت‌گویی نهفته است و از آنجا که عدالت جدا از حقیقت‌گویی نیست، پس عملاً به منزله به کارگیری قضاوت‌های اخلاقی است که به طور مساوی برای تمام اعضای جامعه صدق می‌کند.

پلانک در فصل دوم، با ظرافت و سادگی خاصی نشان می‌دهد که علیت در طبیعت نه تنها تناقضی با اراده آزاد انسان ندارد، بلکه وجود یک روح و عقل آرمانی و جاودانی محیط بر معرفت و آگاهی گذشته، حال و آینده، ضروری است؛ چنین روحی فقط می‌تواند یک فاعل باشد و نه مفعول که خود تضمینی است برای وجود و هدایت افکار علمی.

پلانک شدیداً با نحوه استنباط نامعین‌گرها در مورد علیت، مبنی بر اصل عدم قطعیت مبارزه می‌کند، نه بدین معنا که با این اصل مخالف باشد بلکه آماری تلقی نمودن طبیعت با تمام زیبایی‌ها و زیرکی‌هایش، و جستجوی هرگونه بی‌نظمی در ورای هر قانونی را رد می‌کند. البته به گفته خود پلانک ما نمی‌توانیم به انسان‌ها دستور دهیم که حقیقت را آن‌طور که هست مشاهده کنند و آنها را از خطا باز داریم.

در فصل سوم، بحث بر سر اهمیت وجود نظرهای جدید در یک جامعه است، زیرا که موجب پدید آمدن سؤالات بیشتر و جدیدتری می‌شود که نتیجه مستقیم مطالعات عمیق‌تر علمی و کسب موفقیت‌های

بیشتر است. در این فرآیند، یک تغییر و تحول علمی تنها با تحت الشعاع قرار دادن نظریه مخالف، جایگاه خود را تثبیت نمی‌کند، در واقع استنباط‌های غلط و دوره جهالت به تدریج در حال از بین رفتن است. به نظر پلانک حقیقتی که باید قبول کنیم این است که نسل جدید رو به رشد بوده و آینده متعلق به جوانان است.

نکته قابل توجه این است که پلانک با استفاده از قوانین طبیعت، به ویژه فیزیک و تغییر آنان، نکات بسیار ارزشمند علمی را به اصول اخلاقی ربط می‌دهد. مثلاً نشان می‌دهد که افراط در هر نظر و روش علمی، موجب کند شدن آهنگ پیشرفت علم می‌گردد. به اعتقاد پلانک وقتی می‌توان از دستاوردهای افکار علمی بهره برد که درک عمیقی از ریشه و خواستگاه علم داشته باشیم و مهم‌تر از هر چیز اینکه درست یا غلط بودن یک فکر و نظر جدید مطرح نیست، بلکه نکته مهم آن است که فکر و نظر جدید علمی موجب انجام امور مثبت و ارزشمند گردد و این نشان دهنده توسعه فرهنگی و معیار بارز سلامتی و موفقیت فرد و جامعه است.

نهایتاً، پلانک در فصل چهارم، بحث خود را درباره ایمان به اتمام می‌رساند. در اندیشه او، ایمان اگر به مفهوم اعتقاد اجباری و یا بی‌چون و چرا باشد، بیشتر از آن که موجب هدایت و نزدیک‌تر شدن به حقیقت گردد، انسان را گمراه و انگیزه کنجکاو و سؤال را در او از بین می‌برد. (شاید به تعبیری اگر دین را راه و روش حقیقت بینی فرض کنیم، آیه شریفه لا اکراه فی الدین قد تبین الرشد من الغی ... ناظر به همین نکته باشد).

به اعتقاد پلانک بدون ایمان نه تنها نمی‌توان به هدف نهایی علمی رسید، بلکه چه بسا با وجود تلاش، جهت درست گم شود و موجب یأس و گمراهی گردد. البته بر این نکته، یعنی ایمان در اندیشه و تفکر اسلامی



تأکید بسیار شده است. مرحوم استاد مطهری علم را به نور و ایمان را به گرما تشبیه کرده‌اند و اعتقاد داشتند که این دو باید در یک جهت حرکت کنند و نه به طور مستقل و یا مخالف یکدیگر. شکی نیست کسانی که در طول زندگی خود صادقانه برای دست یافتن به اهداف متعالی و فرامادی متحمل رنج‌ها شده‌اند، این رنج را با عشق و انگیزه‌ای به جان خریده‌اند که قطعاً بدون وجود ایمان امکان پذیر نبود و به قول مولوی:

عشق بردل می‌نهد بنیاد را      آخر ای جان از که خواهم داد را؟  
دیگران آزاد سازند بنده را      عشق بنده می‌کند آزاد را

سید محمد عترتی خسروشاهی

## فیزیک و فلسفه جهان

موضوع این فصل ارتباط بین فیزیک و تلاش برای رسیدن به یک فلسفه کلی از جهان هستی است. شاید بجا باشد پرسیم که این رابطه در چه زمینه‌ای است. ممکن است چنین مطرح شود که فیزیک فقط به اشیاء و رویدادهایی با طبیعتی بی‌جان مربوط است، اما یک فلسفه عمومی در صورتی قابل قبول است که تمامی جنبه‌های مادی و فرامادی زندگی بشر را در برگیرد و پاسخگوی سؤالات مربوط به روح و مسائل اخلاقی در بالاترین سطح باشد.

در نگاه اول ممکن است این هدف متقاعدکننده به نظر برسد و نیازی به بررسی دقیق‌تر و بیشتر نداشته باشد. قبل از هر چیز، اولاً طبیعت بی‌جان خود جزئی از جهان هستی است؛ بنابراین هر فلسفه‌ای درباره جهان هستی که ادعای جامعیت می‌کند باید قوانین همین طبیعت بی‌جان را نیز در بر بگیرد. دوم این‌که در درازمدت اگر چنین فلسفه‌ای با طبیعت بی‌جان در کشمکش باشد قابل دفاع نخواهد بود. البته اینجا احتیاجی نیست که من به تعداد قابل ملاحظه‌ای از دگمه‌های مذهبی، که علوم فیزیکی به آنها ضربه مهلکی وارد کرده است، اشاره نمایم.

اما تأثیر فیزیک بر فلسفه کلی جهان، فقط محدود به این فعالیت‌های منفی و نابودکننده نمی‌شود، بلکه سهم مثبت آن حایز اهمیت بیشتری

منفی و نابود کننده نمی شود، بلکه سهم مثبت آن حایز اهمیت بیشتری است. این اثر مثبت، هم شکل و هم محتوا را در بر می گیرد. همه می دانند که روش های علم فیزیک به دلیل دقیق بودنشان بسیار مفید و مثمر ثمر بوده اند و به همین علت این عدم قادر به ارائه مدلی است که تنها محدود به مطالعات علمی نمی شود. همچنین در خصوص محتوا باید گفت هر علمی مبانی خود را در زندگی دارد و بنابراین فیزیک نیز هرگز نمی تواند کاملاً از پژوهندگان خود جدا شود. به هر حال، هر پژوهنده نهایتاً شخصیتی است با مجموعه ای از خصوصیات معنوی و اخلاقی و از این رو فلسفه کلی او همیشه بر کارهای علمی اش تأثیر خواهد گذاشت در حالی که بر عکس، نتایج مطالعاتش تأثیر کمی بر روی فلسفه کلی او خواهد داشت. هدف اصلی این فصل نشان دادن دقیق مباحث فوق در ارتباط با فیزیک است.

من پیشنهاد می کنم از یک بررسی کلی شروع کنیم. هر برخورد علمی با یک موضوع خاص، مستلزم معرفی نظم مشخصی برای آن موضوع است: اگر چنانچه قرار باشد موضوع مورد بحث و در حال گسترش را درک کنیم معرفی نظم و مقایسه ضروری است. همچنین اگر قرار باشد مشکلات تبیین گردند، چنین درکی الزامی است. هر چند خود نظم نیازمند طبقه بندی است و در این راستا هر علم مشخصی با مشکل طبقه بندی موضوع بر طبق اصول است. بنابراین سؤالی که اکنون مطرح می شود این است که این اصول کدامند؟ کشف این مطلب نه تنها اولین گام، بلکه همان طور که بر اساس تجربه ثابت شد، غالباً گامی حیاتی در راه توسعه علمی بوده است.

در این مرحله لازم به ذکر است که هیچ اصل قطعی به طور استقرایی (a Priori) وجود ندارد تا از آن برای طبقه بندی هر منظوری استفاده کرد.

این امر در مورد همه علوم صادق است. بنابراین غیرممکن است ابراز داریم که ساختار هر علمی دور از طبیعت خود و جدا از پیش فرض‌های اختیاری تکامل می‌یابد. مهم است این حقیقت به روشنی درک شود. این نکته حایز اهمیت اساسی است، چرا که نشان دهنده ضروری بودن این نکته است که اگر بخواهیم آگاهی علمی داشته باشیم باید آن اصلی را که مطالعاتمان طبق آن پیگیری می‌شود، تعیین نماییم. این تعیین صرفاً بر اساس ملاحظات عملی نمی‌تواند باشد، بلکه سؤالات مربوط به مفاهیم ارزشی نیز نقش خود را ایفا می‌کنند.

اجازه دهید از میان کامل‌ترین و دقیق‌ترین علوم، یعنی ریاضیات مثال ساده‌ای بزنیم. ریاضیات با مقادیر اعداد سروکار دارد. برای بررسی تمام اعداد روش مشخص، طبقه‌بندی آنان برحسب مقادیرشان است که در این حالت دو عددی نسبت به هم نزدیک‌ترند که تفاضل آنها کوچک‌تر باشد. اجازه دهید دو عدد را که عملاً مقادیر آنها یکی است در نظر بگیریم، یکی از آنها جذر عدد ۲ است و دیگری  $1/41421256237$ . عدد اولی یک چند میلیاردم بزرگتر از دومی است و در محاسبات عددی چه در فیزیک و چه در نجوم، با این دو عدد کاملاً یکسان برخورد می‌شود، اما به محض طبقه‌بندی این اعداد طبق ریشه آنها و نه طبق مقادیرشان، یک تفاوت اساسی بین این دو عدد رخ می‌دهد. کسر اعشاری، یک عدد گویاست و می‌تواند با تناسب بین دو عدد صحیح نشان داده شود، در حالی که جذر، یک عدد گنگ است و نمی‌توان آن را به طریق فوق نشان داد. حال اگر سؤال شود که آیا این دو عدد ارتباط نزدیک با یکدیگر دارند یا نه، باید گفت که طرح هرگونه سؤالی به این شکل به بی‌معنایی بحثی است که بین دو نفر که طرفین یکدیگر نشسته‌اند و با هم جدال دارند که کدام طرف راست و کدام طرف چپ است.

من این مثال ساده را به این دلیل انتخاب کردم که متقاعد شده‌ام بسیاری از بحث‌های علمی که برخی از آنها بیشترین تلخی را به وجود آورده‌اند، ناشی از این حقیقت است که طرفین بدون بیان روشن اختلافشان، هر کدام از اصول متفاوت طبقه‌بندی برای ترتیب بخشیدن به بحثشان استفاده کرده‌اند. به ناچار هر نوع طبقه‌بندی که تحت تأثیر عامل متغیر مشخصی قرار گیرد، باطل و نهایتاً منجر به داوری یک جانبه خواهد شد. انتخاب اصل طبقه‌بندی در علوم طبیعی حتی مهم‌تر از این است. به عنوان مثال، علم گیاه‌شناسی را در نظر بگیرید که در آن وجود نوعی فهرست نام‌گذاری ضروری است و تمام گیاهان باید طبق نوع، جنس، گروه و غیره طبقه‌بندی شوند. اما همین‌که اصول متفاوت طبقه‌بندی انتخاب شدند، نظام‌های مختلف نیز ظاهر می‌شوند. در تاریخ گیاه‌شناسی گاهی بین این نظام‌ها، بحث و جدل‌های تندی روی داده، اما هیچ یک از آنها نمی‌توانند ادعای مصونیت از خطا کنند، چرا که هر کدام از تعصبات ذهنی تأثیر پذیرفته‌اند. نظام طبقه‌بندی گیاهان که در حال حاضر استفاده می‌شود، هر چند برتر از طبقه‌بندی‌های پیشین است اما نه قطعی است و نه به وضوح در هر جزء تعریف شده است. همچنین این نظام دارای نوسانات و ناپایداری مشخصی است که به دلیل نگرش‌های متفاوت محققین برجسته، با پرسش درباره‌ی بهترین اصل طبقه‌بندی، ایجاد شده است.

ضرورت معرفی نوعی طبقه‌بندی همراه با اشتیاق رسیدن به آن حتی در مطالعات غیرعلمی به ویژه تاریخ بسیار چشمگیر و قابل ملاحظه است. تاریخ چه به صورت عمودی یا افقی طبقه‌بندی شود و یا طبق اصول سیاسی، نژاد شناختی علمی، زبان شناختی، اجتماعی و یا اقتصادی، پیوسته باید تمایز بین آنها فائل شد و در یک بررسی دقیق‌تر

می‌توان پی برد که این طبقه‌بندی‌ها همه ناکافی و ناقص است. آن هم به این دلیل ساده که هر نوع طبقه‌بندی الزاماً موضوعات هم ریشه و بسیار نزدیک به هم را از هم جدا می‌سازد، بنابراین هر علمی یک نوع گرایش متغیر در خود دارد و لذا «زودگذری» در بنیاد ساختارش وجود دارد، از آنجا که این عیب در طبیعت علم ریشه دارد هرگز نمی‌توان آن را از بین برد.

حال با برگشت به فیزیک، موظف هستیم که رویدادهای تحت مطالعه خود را به دسته‌جات گوناگونی تقسیم نماییم، تا این حد یک درخواست جزئی و مقدماتی است. تمام تجربیات فیزیکی بر اساس ادراکات حسی ما بنا شده است و قاعدتاً اولین و مشخص‌ترین نظام طبقه‌بندی ما بر پایه حواس بوده است. در آغاز، فیزیک به چند شاخه مکانیک، صوت، اپتیک و گرما تقسیم شده بود که با هر یک چون موضوعاتی جدا از هم برخورد می‌شد. اما پس از گذشت زمان متوجه شدیم که این موضوعات ظاهراً مختلف ارتباط نزدیکی با یکدیگر دارند به این معنا که خیلی راحت‌تر است قانون‌های فیزیکی را با کنار گذاشتن حواس و با تمرکز بر روی رویدادهای خارج از حواس پایه‌گذاری کرد. برای مثال امواج صوتی که از یک منبع صدا دار تولید می‌شوند با کنار گذاشتن گوش و یا پرتوهایی که از منبع نورانی ساطع می‌شوند، با کنار گذاشتن چشم بررسی شوند. این به طبقه‌بندی دیگری در فیزیک منجر می‌شود که بخش‌های مشخصی از آن نظم جدیدی می‌یابند و حواس نیز کم‌کم به حاشیه رانده می‌شوند. بنابراین طبق این اصل، پرتو گرمایی که از یک اجاق داغ ساطع می‌شود دیگر در قلمرو گرما نبوده و به شاخه اپتیک تعلق دارد و با آن کاملاً شبیه امواج نور برخورد می‌شود. البته باید اعتراف کرد که چنین نظم و آرایش جدیدی که از ادراک حسی صرف‌نظر می‌کند، یک نوع عامل دلخواه و

تصادفی است. گوته که همیشه بر اولویت حواس اصرار داشت از این آرایش جدید کاملاً وحشت زده بود، چرا که تمرکز او همیشه بر کلیت رویدادها بود و بر برتر بودن احساس بدون واسطه پافشاری می‌کرد. بنابراین هرگز با تمایز بین عضو بینایی (چشم) و منبع نور موافق نبود. به گفته خودش: «اگر ماهیت چشم همانند خورشید نبود چگونه می‌توانستیم نور را مشاهده کنیم؟»

شاید با وجود این اگر فرض کنیم که او یک قرن بعد زندگی می‌کرد، چندان هم اعتراضی به وجود نور یک لامپ الکتریکی بر روی میز خود نمی‌کرد، هر چند که اختراع آن توسط یک تئوری فیزیکی امکان پذیر شده که او شدیداً با آن مخالف است.

بهر حال، نه گوته و نه رقیب بزرگ او نیوتن هرگز در زمان حیاتشان نمی‌توانستند تصور کنند که وقتی این تئوری موفق مقبولیت یافت روزی مجبور شود جایش را به نظریه‌ای صد درصد مخالف دهد، هر چند مایل نیستم چیزی را پیش بینی کنم. حال بهتر است به تشریح پیشرفت‌های جدید در فیزیک برگردیم.

همین که ادراک ویژه حواس به عنوان مفاهیم بنیادی فیزیک از علم حذف شدند، منطقی بود که تجهیزات اندازه‌گیری مناسب، جانشین اعضای حسی شوند، فیلم عکسبرداری جانشین چشم، غشاء ارتعاش جانشین گوش و دماسنج جانشین پوست شوند. از طرفی، ترویج وسایل اتوماتیک ثبت، باعث حذف هر چه بیشتر خطاهای ناشی از منابع ذهنی شد، هر چند ویژگی اصلی این تحول در بردارنده تجهیزات نوین اندازه‌گیری با حساسیت و دقت رو به رشد نبود. به بیان دیگر، نکته قابل توجه دیگر، این فرض است که هر گونه عمل اندازه‌گیری، اطلاعات مستقیم در باره طبیعت پدیده‌های فیزیکی به ما می‌دهد و در نتیجه، وقوع

رویدادها مستقل از تجهیزاتی است که برای اندازه‌گیری آنان به کار رفته‌اند، این امر امروز تبدیل به پایه و اساس تئوری فیزیک شده است. بر این اساس باید تمایزی بین هدف فیزیک و رویداد واقعی قائل شویم. رویدادها کاملاً مستقل از فرآیند اندازه‌گیری اتفاق می‌افتد و عمل اندازه‌گیری و خود رخداد آن را قابل درک و ملموس می‌سازد. فیزیک با رویدادهای واقعی سر و کار دارد و هدف آن کشف قوانینی است که این رویدادها از آن تبعیت می‌کند.

در گذشته این گونه روش تلفیق طبیعت به علت نتایج با ارزشی که فیزیک کلاسیک به دست آورده بود توجیه شده است. از آنجا که فیزیک کلاسیک دنباله رو این روش بود و از نتایج کاربردی آن در زندگی عملی، علوم کاربردی بهره گرفته است، این موضوع برای تمام کسانی که از نزدیک مسئله را پی‌گیری کرده‌اند آشنا و بدیه است و نیازی به تشریح جزئیات آن نیست.

فیزیکدانان که از این موفقیت تشویق شده بودند با خشنودی راهی را که آغاز کرده بودند، ادامه دادند و همچنان اصل *divide et impera*\* به کار بردند. بعد از اینکه رویدادهای واقعی از تجهیزات اندازه‌گیری جدا شدند، اجسام به مولکول‌ها، مولکول‌ها به اتم‌ها و اتم‌ها به پروتون‌ها و الکترون‌ها تقسیم گشتند. همزمان فضا و زمان نیز به مقادیر بسیار کوچک تقسیم شدند. همین طور که فرآیند تقسیم ادامه یافت، قوانین غیرقابل انعطاف جای خود را به قوانین ساده‌تر دادند. البته هیچ دلیلی هم به نظر نمی‌رسید که چرا قوانین فیزیکی جهان بزرگ به همان معادلات تابعی فضایی - زمانی جهان کوچک تبدیل نشوند، این معادلات وقوع تکراری



تغییرات برای حالت اولیه طبیعت داده شده را توصیف می‌کند و به همین دلیل با یک پارچه سازی این حالات، تغییرات برای زمان‌های آینده با یک نگرش به رویدادهای فیزیکی جهان حسی که جامع و مقبول باشد و مقبولیت آن به واسطه نظم و هماهنگی‌اش باشد، میسر است.

اما شگفت‌انگیزتر و ناخوشایندتر از همه اینها، این بود که در اوایل همین قرن با روش‌ها و اندازه‌گیری‌های دقیق‌تر و حساس‌تر که در دسترس بود نشان داده شد که رفته رفته فیزیک کلاسیک با موانع بی‌شماری، ابتدا در زمینه تابش گرما، سپس در پرتوهای نور و نهایتاً در الکترو-مکانیک روبه‌رو شد. شاید بهتر باشد که یک مثال بزنیم، برای محاسبه حرکت الکترون، فیزیک کلاسیک باید فرض کند که حالت الکترون مشخص است و این حالت، خود در برگیرنده سرعت و مکان الکترون نیز می‌شود. حالا متوجه شده‌ایم که اگر روشی به ما اجازه محاسبه دقیق مکان الکترون را دهد، به هیچ وجه اجازه محاسبه دقیق سرعت آن را نخواهد داد و بعد بیشتر معلوم شد که عدم دقت اولی، نسبت معکوس با دومی دارد و برعکس. این پدیده توسط قانونی کنترل می‌شود که دقتش توسط مقدار کوانتوم پلانک تعریف می‌شود. به گفته دیگر، «اگر مکان الکترونی را به طور دقیق بدانیم، تندی آن را اصلاً نمی‌دانیم و بالعکس».

بدیهی است که تحت این شرایط، معادلات دیفرانسیل فیزیک کلاسیک اهمیت اساسی خود را از دست می‌دهد و فعلاً مشکل اصلی که همان کشف قوانین کنترل‌کننده فرآیندهای واقعی فیزیکی است، بایستی غیر قابل حل تلقی شود. البته نادرست است اگر استنباط کنیم چنین قوانینی وجود ندارند. به بیان دیگر، هرگونه عدم موفقیت در کشف یک قانون به دلیل واضح بیان نکردن مسئله و یا طرح ناقص سؤال است. حال

باید پرسیم که اشتباه کجاست و چگونه می‌توانیم آن را برطرف نماییم. قبل از هر چیز باید تأکید شود که کاملاً نادرست است اگر فیزیک نظری را انکار کنیم، به این معنا که هر چه تاکنون به دست آورده، رد نماییم و یا نادرست قلمداد کنیم. موفقیت‌هایی که تا به حال فیزیک کلاسیک به دست آورده خیلی مهم‌تر از آن است که اجازه انجام این کار نسنجیده را دهد. در زمینهٔ میکروفیزیک که به اجسام، فضا و زمان در مقیاس بزرگ می‌پردازد، قوانین فیزیک کلاسیک همچنان پایدار بوده و اهمیت خود را حفظ کرده است. بنابراین، پرواضح است که اشتباه نه در اصول و مبانی تئوری، بلکه در این حقیقت نهفته است که اشکالات تئوری به علت وجود فرض‌هایی است که در ساختار آن به کار رفته‌اند و بی‌شک حذف آنها، در ارتقا و پیشرفت تئوری بسیار مفید خواهد بود.

حال اجازه دهید، کُنه واقعیت را در نظر بگیریم. فیزیک نظری بر این فرض بنا شده است که رویدادهای واقعی، مستقل از حواس ما هستند. این فرض باید تحت تمام شرایط مدنظر باشد و حتی فیزیکدانانی با تمایلات اثبات‌گرایی (پوزیتیویست‌ها) از این فرض نهایت استفاده را می‌کنند. حتی اگر مکتب (پوزیتیویزم) بر این عقیده باشد که تنها پایه و اساس فیزیک، داده‌ها و اطلاعات حواس است، باز مجبور است برای رهایی از خودمداری نامعقول فرض کند که اشتباهات حواس و توهمات وجود دارند و فقط با این فرض می‌توانند حذف شوند که مشاهدات فیزیکی با اراده و در صورت لزوم عیناً تکرار گردند. البته این ثابت می‌کند که چیزی که ما قبل تجربه مشخص نیست، یعنی همان روابط عملکردی بین داده‌های حسی که دارای مؤلفه‌هایی مستقل از شخصیت مشاهده‌گر، زمان و مکان مشاهده بوده و دقیقاً همین مؤلفه‌ها هستند که بخش واقعی یک رویداد فیزیکی را توصیف می‌نماید و با کمک آنها تلاش می‌کنیم تا

قوانین را کشف نماییم.

همان طور که در بالا مشاهده کردیم، فیزیک کلاسیک ضمن اینکه فرض می‌کند رویدادهای واقعی وجود خارجی دارند، علاوه بر آن فرض می‌کند که این امکان وجود دارد که روزی به درک کامل و صحیح قوانینی که بر رویدادهای واقعی حاکمیت دارند برسیم. طریقه رسیدن به این درک تدریجی، مکان‌مند و زیر مجموعه موقتی در جهت بی‌نهایت کوچک بوده است. البته در نگاهی دقیق‌تر، این فرض باید بازنگری شود، چرا که به این امر منتج می‌شود که برای بهتر شناختن قوانینی که بر رویدادهای واقعی کنترل و حاکمیت دارند، باید قوانین را از رویدادهایی که توسط آنها اندازه‌گیری انجام می‌گیرد، جدا سازیم. بدیهی است فرآیند اندازه‌گیری وقتی به ما در باره رویداد واقعی اطلاعاتی می‌دهد که نوعی رابطه علی بین این دو وجود داشته باشد و اگر چنین باشد، عمل اندازه‌گیری تا اندازه‌ای بر رویداد تأثیر گذاشته و آن را آشفته می‌سازد، که در اثر آن نتایج اندازه‌گیری قابل تحریف خواهد بود. این تحریف و در نتیجه خطایی که در پی خواهد داشت، هر دو به میزان قابل ملاحظه‌ای بالا خواهند بود، چرا که رابطه علی بسیار حساس و نزدیکی بین شیء واقعی و وسیله اندازه‌گیری برقرار است. البته این امکان وجود دارد که با افزایش فاصله بین شیء و وسیله اندازه‌گیری، رابطه علی کمتر و یا به روش‌های دیگری باز نمود گردد که خطا تا آنجا که امکان دارد، کاهش یابد. باید دقت کرد که هرگز مقدور نیست این تداخل به طور کامل از میان برود چرا که اگر این فاصله بی‌نهایت بزرگ شود، یعنی شیء را کاملاً از وسیله اندازه‌گیری جدا کنیم، دیگر چیزی راجع به رویداد واقعی نخواهیم دانست. از این رو اندازه‌گیری اتم‌ها و الکترون‌ها نیازمند روش‌ها و تجهیزات بسیار حساس و دقیق است که به معنای وجود رابطه نزدیک سببی است. بنابراین تعیین

دقیق مکان یک الکترون، مستلزم تداخل نسبتاً شدید با حرکت آن است و برعکس اندازه‌گیری دقیق سرعت الکترون نیازمند زمان نسبتاً طولانی است. در حالت اول، تداخل با سرعت الکترون وجود دارد و در حالت دوم مکان الکترون در فضا نامعین است. این توضیح سببی است برای بی‌دقتی که در بالا توصیف شد.

هر چند ممکن است توضیحات فوق متقاعدکننده به نظر برسد ولی به عمق مطلب نپرداخته است. این حقیقت که رویداد فیزیکی با وسیله اندازه‌گیری، تداخل دارد بحثی است کاملاً جا افتاده و آشنا در فیزیک کلاسیک، اما در نگاه اول مشخص نیست که چرا با وجود پیشرفت و توسعه شیوه‌های اندازه‌گیری، نهایتاً به ما امکان نمی‌دهد که هنگام کار با الکترون‌ها، پیشاپیش به صورت نظری، مقدار این تداخل را محاسبه کنیم. بنابراین برای درک این که چرا فیزیک کلاسیک در بررسی مقیاس‌های کوچک ناموفق است باید بررسی‌ها و تحقیقات عمیق‌تری انجام گیرد.

بررسی این مسئله به مقدار قابل ملاحظه‌ای با پایه‌گذاری مکانیک کوانتوم و یا مکانیک موج پیشرفت کرد و توسط معادلات آن می‌توان فرآیندهای اتمی قابل مشاهده را از قبل محاسبه نمود. اگر قواعد رعایت بشوند، نتایج این محاسبات دقیقاً با تجربه موافقت می‌کنند. درست است که مکانیک کوانتوم برخلاف مکانیک کلاسیک، مکان یک الکترون را در زمانی خاص به ما نمی‌دهد ولی در عوض، احتمال این حدس را به ما می‌دهد که یک الکترون در زمانی خاص، در کدام نقطه خاص خواهد بود و یا این که در مورد گروهی از الکترون‌های مشخص تعداد آنها را در زمان و مکان معین مشخص می‌کند.

این قانونی است با ویژگی کاملاً آماری و واقعیت این است که این قانون توسط همه اندازه‌گیری‌هایی که تاکنون انجام شده تأیید شده و

همچنین از طرفی صحت رابطه عدم قطعیت موجب شده است که برخی از فیزیکدانان متقاعد شوند که قوانین آماری تنها اصول معتبر برای هر قانون فیزیکی است به ویژه در زمینه فیزیک اتمی. لذا مطرح نمودن هر گونه سؤال در مورد علیت تک تک رویدادها از دیدگاه فیزیکی بی معناست.

اکنون ما در این مرحله به نکته‌ای رسیده‌ایم که گفتگو درباره آن بسیار حائز اهمیت است چرا که ما را به یک سؤال اساسی رهنمون می‌شود: وظیفه و دستاوردهای فیزیک چیست؟ اگر بگوییم هدف فیزیک کشف قوانینی است که حاکم بر روابط بین رویدادهای واقعی و طبیعت است، آن موقع علیت جزئی از فیزیک می‌شود و حذف عمده آن باعث شبهه خواهد شد.

اول بایستی بررسی کرد که آیا اعتبار قوانین آماری کاملاً با علیت محض سازگار است. فیزیک کلاسیک مثال‌های گوناگونی در این خصوص دارد، برای مثال فشار گازی که بر روی دیواره داخلی محفظه وارد می‌شود به دلیل تصادم نامنظم تعداد زیادی از مولکول‌هایی است که خود در جهات مختلف در حال حرکت هستند، اما این توضیح فقط نشان می‌دهد که برخورد و تصادم مولکول‌ها با یکدیگر و یا با دیواره محفظه مطابق قوانین فیزیک بوده و در نتیجه کاملاً به طور سببی روی داده است. از طرف دیگر ممکن است گفته شود که علیت محض را فقط وقتی می‌توان به طور قطعی ثابت کرد که ما در موقعیتی قرار گرفته باشیم که همه رویداد را پیش‌بینی کنیم و همین طور می‌توان اضافه نمود که هیچ کس نمی‌تواند حرکت یک مولکول منفرد را بررسی نماید. می‌توان چنین پاسخ داد که هرگز نمی‌توان یک رویداد طبیعی را دقیقاً پیش‌بینی کرد، بنابراین صحت و اعتبار قانون علیت را هرگز نمی‌توان با یک آزمایش دقیق و

مستقیم نشان داد چرا که یک اندازه‌گیری هر قدر هم دقیق باشد، به طور اجتناب ناپذیری شامل تعدادی خطاهای مشاهده‌گری خواهد بود. با وجود این، نتایج اندازه‌گیری و تک تک خطاهای مشاهده‌گری را به سبب‌های شخصی نسبت داده‌اند. وقتی ما شاهد شکسته شدن امواج در کنار ساحل دریا هستیم، کاملاً حق داریم متقاعد شویم که هر حرکت حباب به دلیل قانون علیت محض است، اگرچه هرگز نمی‌توانیم امیدوار باشیم که بالا پایین شدن موج را پیش بینی کنیم چه رسد به این که بخواهیم از قبل آن را محاسبه کنیم.

در اینجا است که رابطه نامعین‌گری مطرح می‌شود. موقعی که فیزیک کلاسیک مد روز بود امید می‌رفت که شاید خطاهای اجتناب ناپذیر مشاهده‌گری، با افزایش مناسب دقت اندازه‌گیری به زیر آستانه کاهش یابد. اما این امید با کشف کوانتوم پلانک از بین رفت، چرا که کوانتوم پلانک دلالت بر این دارد که هر دقت اندازه‌گیری، محدودیتی واقعی و مشخص دارد که در آن حد علیتی وجود ندارد، مگر شک و احتمال وقوع. ما از قبل پاسخی به این ایراد آماده کرده‌ایم و آن اینکه دقیق نبودن اندازه‌گیری‌ها در زمینه فیزیک اتمی الزاماً دلیل بر ناکارایی علیت نیست، احتمال دارد این خطاها به علت وجود مفاهیم غلط و همچنین طرح سؤالات نامناسب روی دهد.

دقیقاً به دلیل همین تأثیر معکوس بین اندازه‌گیری و رویداد واقعی است که ما را، حداقل تا اندازه‌ای، قادر به درک رابطه نامعین‌گری کرده است. طبق این نگرش ما دیگر نمی‌توانیم حرکت یک الکترون را دنبال کنیم، همان طور که نمی‌توانیم یک عکس رنگی را که ابعادش کوچک‌تر از طول موج آن رنگ است ببینیم.

بی‌معنا و باطل است اگر تصور کنیم که بالاخره روزی فرا خواهد رسید

که وسایل اندازه‌گیری آن قدر پیشرفت کنند که میزان بی دقتی را به طور کامل کاهش دهند. اما وجود یک محدودیت عینی مانند کوانتوم پلانک قطعاً نشانگر وجود فعال یک قانون بدیع و جدید است که البته هیچ ربطی هم به آماری بودن ندارد. همانند کوانتوم پلانک، قطعاً هر ثابت اولیه دیگری مانند بار و یا جرم الکترون یک مقدار واقعی مشخصی است و کاملاً نامعقول به نظر می‌رسد که برخی از بی‌دقتی‌های بنیادی مشخص را به این ثابت‌های جهانی نسبت دهیم و این برای منکران علیت چنانچه بخواهند نامتناقض و استوار باقی بمانند نیز صدق می‌کند.

این واقعیت که دقت اندازه‌گیری‌ها در فیزیک اتمی محدود است بیشتر قابل فهم است، اگر توجه داشته باشیم که خود دستگاه اندازه‌گیری نیز از اتم‌ها تشکیل یافته و دقت عمل هر دستگاه اندازه‌گیری، توسط حساسیت خودش، محدود گشته است. یک باسکول نمی‌تواند خیلی نزدیک به میلی‌گرم وزن کند.

حالا ما چه می‌توانیم انجام دهیم اگر بهترین چیزی که در اختیار داریم باسکول است و هیچ امیدی هم برای به دست آوردن چیز دقیق‌تری نیست؟ آیا باید قبول کنیم که امیدی برای به دست آوردن وزن‌های دقیق وجود ندارد و اعلام کنیم که جستجوی دقت در حد میلی‌گرم بیهوده است، به جای اینکه دنبال کاری برویم که نمی‌توانیم توسط اندازه‌گیری مستقیم آن را حل کنیم. این بحث اهمیت تئوری را کم ارزش جلوه می‌دهد، به این معنا که تئوری ما را به ورای اندازه‌گیری مستقیم می‌برد به طریقی که نمی‌توان ماقبل تجربه را پیش‌گویی کرد و ما را به وسیله اصطلاحاً آزمایش‌های ذهنی، تا حد زیادی از نقایص و محدودیت‌های وسایل اندازه‌گیری رهایی می‌دهد.

بسیار بیهوده و نامعقول است که بپنداریم آزمایش‌های ذهنی تا

اندازه‌ای مهم هستند که بتوان آنها را با اندازه‌گیری بررسی کرد، چراکه اگر این طور بود دیگر اثبات دقیق هندسه‌ای وجود نداشت. خطی که روی صفحه کشیده می‌شود واقعاً یک خط نیست، بلکه کم و بیش نواری است نازک و نقطه‌ها هم لکه‌های کوچک و بزرگ، ولی با وجود این، کسی شک ندارد که تفسیر هندسه‌ای دلایل مستدل و محکمی در این خصوص دارند.

آزمایش ذهنی، افکار محقق را به ورای دنیا و دستگاه‌های واقعی اندازه‌گیری می‌کشاند و او را قادر به فرضیه‌سازی و تدوین سؤالات می‌کند و وقتی این فرضیه‌ها از طریق آزمایش واقعی بررسی شد او قادر می‌شود تا قوانین جدیدی را ادراک کند قوانین جدیدی که حتی توسط اندازه‌گیری مستقیم قابل بررسی نباشد. یک آزمایش ذهنی به محدودیت‌های زمان وابسته نیست، چراکه اندیشه‌ها بسیار زیرک‌تر از اتم‌ها و الکترون‌ها هستند و همین طور خطر تأثیر دستگاه اندازه‌گیری بر روی رویداد اندازه‌گیری شده وجود ندارد. یک آزمایش ذهنی برای موفقیتش فقط نیاز به یک شرط دارد و آن پذیرفتن صحت هر قانون نامتناقض. حاکم بر روابط بین رویدادهای تحت مشاهده است. ما نمی‌توانیم وجود چیزی را فرض کنیم که موجودیت نداشته باشد.

باید اذعان نمود که یک آزمایش ذهنی امری انتزاعی است و فرض وجود دنیای خارجی برای نظریه‌پرداز و آزمایش‌گر امری ضروری است. هرگاه ما شاهد یک رویداد طبیعی هستیم باید فرض کنیم که چیزی مستقل از مشاهده‌گر روی می‌دهد و باید تا جایی که امکان دارد تلاش نماییم کاستی‌های حواس خود و همچنین نقایص شیوه‌های اندازه‌گیری را حذف کنیم تا بلکه بتوانیم جزئیات رویداد را با درستی و صحت بیشتری درک کنیم. بین این دو امر انتزاعی یک نوع تضاد وجود دارد: در عین اینکه



دنیای واقعی خارجی، عینی است ولی روح آرمانی نظاره‌گر ذهنی است. هیچ کدام از آنها را نمی‌توان به طور منطقی توصیف کرد، بنابراین اگر وجود هر یک از آنها انکار شود دیگر *reductio ad absurdum* ممکن نخواهد بود. تاریخ فیزیک شاهد ایفاگری نقش مهم دانشمندان در طول پیشرفت آن بوده است. برگزیده‌ترین و ناب‌ترین دانشمندان، مردانی از قبیل کپلر<sup>(۱)</sup>، نیوتن<sup>(۲)</sup>، لایبی‌نیس<sup>(۳)</sup> و فارادی<sup>(۴)</sup> از اعتقاد به جهان خارج و یک قانون عقلانی ماورا آن و حاکم بر آن الهام گرفتند.

هرگز نباید فراموش شود که اندیشه‌های بسیار مهم در فیزیک ریشه دوگانه دارند. شکل اولیه این افکار به علت تصورات عجیب و غریب فرد دانشمند است. هر چند به مرور زمان شکلی مستقل و معین می‌گیرند. درست است که همیشه در فیزیک افکار اشتباهی بوده‌اند که برای آنها زحمات زیادی کشیده شد و این زحمات هدر رفته‌اند، ولی از طرف دیگر، بسیاری از اندیشه‌هایی که در نگاه اول توسط متقدین زیرک، رد شده و بی‌معنا قلمداد شده بودند، بعدها توانستند به نظریه‌هایی بسیار مهم تبدیل شوند. پنجاه سال پیش فیزیکدانان اثبات‌گرا پرسش در باره وزن یک اتم را کاملاً بی‌معنی می‌دانستند: یک مسئله توهمی بدون راه حل علمی. اما امروزه وزن اتم را تا دقت ده هزارم تعیین می‌کنند، هر چند حساس‌ترین و ظریف‌ترین دستگاه اندازه‌گیری موجود، چندان بهتر از باسکول برای نشان دادن مقدار میلی گرم نیست. بنابراین باید مواظب باشیم مسئله‌ای را که پاسخ آن فعلاً معلوم نیست، بی‌معنی تلقی نکنیم. هیچ ملاکی وجود ندارد که قبل از تجربه مشخص سازد که مسئله‌ای در فیزیک معنی دارد یا نه؟ این نکته بارها توسط اثبات‌گراها نادیده گرفته

1- Kepler

2- Newton

3- Leibniz

4- Farady

شده است. تنها راه قضاوت صحیح یک مسئله بررسی جمع‌بندی‌های حاصل از آزمایش آن مسئله است. حال با این فرض که قوانین ثابتی وجود دارند که در فیزیک به کار گرفته می‌شوند و حائز اهمیت بنیادی هستند، لذا ما بایستی قبل از این پرسش: که آیا این قوانین در فیزیک اتمی بی‌معنا هستند یا نه، قدری تأمل کنیم. نخستین تلاش، درست بر خلاف تصور، بایستی پیگیری مشکل به کارگیری قوانین در این زمینه باشد.

در نخستین گام باید بررسی کنیم که چرا وقتی راجع به تداخل دستگاه اندازه‌گیری توأم با دقت ناکافی آن دستگاه سؤال می‌شود، فیزیک کلاسیک در کنکاو و بررسی علیت شکست می‌خورد، و در توضیح این شکست ناتوان است. به سادگی باید بگوییم که ما مجبور به اتخاذ این فرض واضح و در عین حال بنیانی شدیم که مفاهیم اولیه فیزیک کلاسیک، دیگر در زمینه فیزیک اتمی کارآیی ندارند.

فیزیک کلاسیک بر این فرض پایه‌گذاری شده که قوانینش در مقیاس بی‌نهایت کوچک، دارای بیشترین وضوح هستند، چرا که فرض می‌کند که جریان هر رویداد فیزیکی، در هر جای جهان، کاملاً توسط حالتی تعیین شود که در آن محل و اطراف آن چیره باشد. بنابراین، مقادیر فیزیکی مربوط به حالت فیزیکی رویداد از قبیل مکان، تندی، شدت میدان الکتریسته و مغناطیسی و غیره فقط یک ویژگی مکانی هستند و قوانین حاکم بر این مقادیر می‌توانند کاملاً با استفاده از معادلات دیفرانسیل فضایی - زمانی بیان گردند. بدیهی است این برای فیزیک اتمی کفایت نخواهد کرد، در نتیجه مفاهیم فوق باید تکمیل‌تر یا جهانی‌تر شوند. اما این کار باید در کدام جهت انجام پذیرد؟ شاید نشانه‌هایی در شناخت، یافت شوند که هر روز گسترده‌تر هم می‌شوند، معادلات دیفرانسیل فضایی - زمانی، برای بحث دقیق محتوای پدیده‌های یک سیستم فیزیکی

و در نظر گرفتن محدودیت حواس دیگر کافی نیستند. این امر حتی در مورد مکانیک موج هم صدق می‌کند. حال دیگر بدون استثنا دامنه حواس محدود و متناهی است و تداخل مستقیم آن با رابطه سببی، می‌تواند نگرشی جدید به علیت باشد که تاکنون در فیزیک کلاسیک مطرح نشده است.

آینده نشان خواهد داد که آیا در این جهت پیشرفت امکان پذیر است یا نه؟ و در صورت پاسخ مثبت، تا کجا پیش خواهد رفت؟ اما چنانچه نتایج آن در نهایت مشخص شود، مطمئناً ما را قادر نمی‌کند که کلیت جهان را، بیشتر از آنچه که هوش بشری قادر به پیشروی در حوزه روح آرمانی است، بفهمیم. به هر حال اینها همیشه به صورت انتزاعی باقی خواهند ماند و طبق تعریف اولیه‌شان خارج از واقعیت. هر چند، هیچ چیز نمی‌تواند ما را از این باور باز دارد که می‌توانیم، آهسته و بدون وقفه، به طرف این هدف دور از دسترس پیشرفت کنیم. این دقیقاً همان وظیفه علم است که وقتی تشخیص داد که مسیری امیدوار کننده است، با تصحیح پیوسته و بهبود خود در این راه بدون وقفه تلاش نماید. این یک پیشرفت واقعی خواهد بود و نه یک راه پیچاپیچ و بی‌هدف، و این حقیقت، ثابت گردیده که دسترسی به یک مرحله جدید ما را قادر می‌سازد تا مراحل قبلی را بررسی و مطالعه کنیم، اگرچه مراحلی که هنوز بررسی نشده‌اند، مبهم باقی می‌مانند. درست شبیه آن کوهنوردی که در حال صعود به ارتفاعات بالاتر است و گاه به عقب بر می‌گردد تا از مسافتی که طی کرده، آگاهی یابد. شادی یک دانشمند به خاطر تکیه و توقف بر یافته‌هایش نیست، بلکه به سبب یادگیری دایم معرفت و آگاهی‌های جدید است.

تا اینجا من خودم را به فیزیک محدود کرده بودم، اما ممکن است احساس شود چیزهایی که گفتم کاربردهای وسیع‌تری داشته باشد. علوم

طبیعی و علوم معنوی نمی‌توانند به طور تمام و کمال از هم جدا باشند. آنها یک سیستم درونی متصل به هم را تشکیل می‌دهند که اگر به هر قسمتی از آن آسیب وارد شود، اثرات آن به صورت پیامدهایی در کل آن احساس می‌شود و سپس بلافاصله تمامیت سیستم از آن اثر می‌پذیرد. خیلی نامعقول است که تصور کنیم یک قانون مشخص و ثابت در فیزیک حکمفرماست، بی‌آنکه همان قانون در زیست‌شناسی و روانشناسی صدق کند.

شاید بهتر باشد در اینجا به اراده آزاد بپردازیم. به رغم همه اینها، خودآگاهی و شعور ما اصلی‌ترین منبع شناخت ماست و به ما اطمینان می‌دهد که اراده آزاد انسان مافوق است. اما با این وجود مجبور هستیم پرسیم که آیا اراده انسان مقهور علیت است و توسط علیت تعیین می‌گردد یا خیر؟ مطرح کردن سؤال بدین صورت، همان طور که بارها سعی کرده‌ام نشان دهم، مثال خوبی از نوع مسائلی است که من آن را پندار باطل توصیف کرده‌ام و منظورم از آن به معنای واقعی کلمه این است که هیچ‌گونه معنای دقیقی ندارد. در حال حاضر، مشکل ظاهری، به دلیل تبیین و طرح ناقص سؤال است. حقایق واقعی را می‌توان به صورت زیر بیان کرد. از منظر یک روح ایده‌ال و کاملاً جامع و مبسوط، اراده انسان همانند هر ماده و رویداد معنوی دیگر، کاملاً به طور علی تعیین می‌شود. اما اگر به اراده انسان از دید ذهنی و جهت ملاحظات شخصی نگریسته شود، که تا به حال این‌گونه بوده، اراده انسان تا جایی که رو به سوی آینده دارد به طور علی تعیین نمی‌شود. چون هرگونه ادراک و شناخت از اراده فرد، خود به صورت علی بر اراده اثر خواهد گذاشت، بنابراین هر شناخت قطعی از ارتباط علی ناممکن است. به بیان دیگر می‌توانیم بگوییم اگر ما به این مسئله از خارج (به طور عینی) نگاه کنیم، اراده به طور

علی تعیین شده است، ولی اگر از درون (فردی یا ذهنی) نگاه کنیم اراده، آزاد است. اینجا هیچ تناقضی وجود ندارد. همان طور که در بحث قبلی، راجع به سمت چپ و راست تناقضی نبود. و کسانی که این را قبول ندارند، این حقیقت را نباید فراموش کنند که هر چند اراده شخص هرگز کاملاً تابع ادراک و شناخت خودش نیست، اما تصمیم گیرنده نهایی است. البته ما باید از تلاش‌هایی دست برداریم که انگیزه‌های اعمال ما را با خطوط محض کاملاً سببی، از قبیل پیش بینی می‌کند، یعنی تلاش‌هایی که صرفاً از طریق شناخت علمی محض صورت می‌گیرد. به بیان دیگر هیچ علم و خردی قادر به پاسخگویی مهم‌ترین سؤالی که ما در زندگی روزمره با آن مواجهیم نیست و آن اینکه ما باید چگونه عمل کنیم؟

بنابراین شاید این طور استنباط شود که به محض طرح مسائل اخلاقی، دیگر علم نقشی نخواهد داشت اما چنین استنباطی کاملاً غلط است. ما قبلاً در بررسی ساختار هر نوع علمی و بحث در مورد مناسب‌ترین سازمان‌دهی آن دیدیم که یک ارتباط درونی دوجانبه بین قضاوت‌های معرفت‌شناسی و قضاوت‌های ارزشی وجود دارد و هیچ علمی نمی‌تواند کاملاً از شخصیت دانشمند جدا شود. فیزیک مدرن به ما نشانه‌ای بارز داده که در همان جهت است، و آن آموختن این مطلب است که ماهیت هیچ سیستمی را نمی‌توان با تقسیم آن به اجزای تشکیل دهنده‌اش کشف و مطالعه کرد، زیرا چنین روشی مستلزم از دست دادن خصوصیات مهم آن سیستم است. ما باید توجه خود را بر روی تمامیت نظام و رابطه درونی بین اجزای آن متمرکز سازیم.

همین مسئله در زندگی معنوی ما نیز صادق است. یعنی این غیرممکن است که یک مرزبندی و تمایز دقیق بین علم، مذهب و هنر داشته باشیم. یک کل هرگز به سادگی، مساوی مجموع تک تک بخش‌های آن نیست و

این در مورد انسان نیز صدق می‌کند. این یک حماقت و نادانی است که تلاش کنیم با مطالعه تعداد محدودی از اشخاص، هر چند مهم و بزرگ، همه انسان‌ها را درک کنیم، زیرا هر فردی متعلق به یک اجتماع، خانواده، طایفه و یا ملت است. اجتماعی که او باید جزئی از آن باشد و خودش را تابعی از آن سازد و نمی‌تواند خود را بدون مجازات، از آن جدا کند. به همین دلیل هر علمی، مانند هر هنر و یا دینی، بر اساس یک بنای ملی رشد کرده است و این بدبختی مردم آلمان بود که این را برای سالیان دراز فراموش کرده بودند.

شاید گفته شود که این مسئله چیز تازه‌ای نیست و بدون کمک فیزیک هم قابل درک است. این صحیح است، تنها چیزی که من قصد دارم نشان دهم این است که موقعیت فیزیک، صرفنظر از بی‌نظیر بودن آن، ما را به همان نتایج و دیدگاه‌هایی رهنمون می‌شود که سایر علوم ارائه می‌کنند، هر قدر هم که نقطه آغاز آنها متفاوت باشد. اگر بحث ما بیشتر جلو رود، قدرت واقعی موقعیت فیزیک مشاهده خواهد شد، زیرا فقط در آن صورت است که گرایش آن را می‌توان به وضوح دید. این موقعیت هم عبارت است از بی‌اعتنایی به ریشه مستقیم و بسط یافتن در هر جهت، مانند درخت سالمی که میل دارد در آسمان رشد کند و شاخه‌هایش را در تمام جهات بگستراند، ولی در عین حال ریشه‌ای محکم در دل زمین نداشته باشد. اگر علم، ناتوان و یا بی‌میل باشد که از حد و مرز کشور بگذرد، دیگر نمی‌توان آن را علم نامید و در این مورد فیزیک بر سایر علوم برتری دارد. هیچ کس درباره اینکه قوانین طبیعت در همه کشورهای یکی است بحث نخواهد کرد، لذا فیزیک مجبور نیست که اعتبار بین‌المللی خود را ثابت کند، برعکس تاریخ که ممکن است این سؤال در مورد آن مطرح شود که آیا ممکن است که تاریخ عینی را به عنوان یک

ایده آل، هدف قرار دارد یا نه؟ به علاوه، اصول اخلاقی فراملی است؛ اگر این گونه نبود هیچ گونه روابط اخلاقی بین اعضای کشورهای مختلف وجود نداشت. اینجا مجدداً فیزیک دارای موقعیت برتری می‌گردد. از دیدگاه علمی، فیزیک بر این اساس پایه‌گذاری شده که نباید دارای هیچ گونه تناقضی باشد و این، از دیدگاه معیارهای اخلاقی یعنی صداقت و حقیقت‌گویی، این خصوصیات برای تمام ملل با فرهنگ و در همه زمان‌ها صادق است. این اصل علمی در بین اصول ممتاز و مهم برترین جایگاه را دارد. من فکر نمی‌کنم که در گفتن این مطلب اغراق کرده باشم که علم فیزیک سریع‌تر و بیشتر از سایر علوم، در کشف و تکذیب تخلفات اخلاقی، حرکت کرده است.

این خیلی باعث تعجب شگفتی است که می‌بینیم تفاوت بین این چنین دقت و انضباط و بی‌بند و باری و بی‌فکری توأم با اشتباهات مشابه در زندگی روزمره پذیرفته شده است. من آن قدر به اصطلاح دروغ‌های مرسوم به یاد ندارم، دروغ‌هایی که در عمل بی‌ضرر بوده و تا حدودی هم در روابط روزمره به صورت ناگزیر استفاده می‌شوند. دروغ‌های مرسوم روزمره دقیقاً انسان را گمراه نمی‌کنند چون آنها عادی و متداول هستند. ضرر وقتی آغاز می‌شود که هدف، گمراه کردن طرف مقابل و انتقال تأثیر غلط باشد. این وظیفه اشخاص مسؤل است که این مشکل را سرسختانه اصلاح نمایند و در عین حال یک الگو برای پیروی باشند.

عدالت از راستگویی مجزا نیست: همه آنها به کنار، عدالت به زبان ساده یعنی کاربرد پیوسته قضاوت‌های اخلاقی در عمل که بر اساس آن، اندیشه‌ها و اعمالمان شکل می‌گیرد. قوانین طبیعت همچنان ثابت و غیرقابل تغییر هستند، چه در مورد پدیده‌های بزرگ و چه کوچک به کار می‌روند و به همین ترتیب، در زندگی اجتماعی، انسان نیازمند حقوق

مساوی برای همگان است، حقوق مساوی برای کوچک و بزرگ، فقیر و ثروتمند. هیچ یک از اینها برای دولت میسر و مفید نخواهد بود، چنانچه در قطعیت قانون شکی نماید: اگر چنانچه مقام و رتبه و تبار خانوادگی در دادگاه مورد احترام قرار گیرند؛ اگر اشخاص بی دفاع، احساس کنند که دیگر از دست غارتگری همسایه‌های با قدرتش در امان نیستند؛ و یا اگر قانون آشکارا به خاطر به اصطلاح مصالح و نفع شخصی زیر پا گذاشته شود. عامه مردم نیاز شدیدی به امنیت دارند و هیچ چیزی فردریک بزرگ را بیشتر از افسانه آسیابان سانسوسی معروف نکرد. اصولی از این قبیل باعث عظمت آلمان و پروشاگردید و امید است که هرگز اینها از بین نروند و این وظیفه هر وطن پرست است که برای نگهداری و تثبیت این آرمان‌ها تلاش کند.

در عین حال باید بدانیم هدفی که ما به آن نظر داریم یعنی وضعیتی که همواره قابل قبول باشد، هرگز در حد کمال به دست نخواهد آمد. بهترین و کامل‌ترین اصول اخلاقی ضرورتاً قادر نیستند ما را به یک کمال ایده‌آل هدایت کند، این اصول هرگز بیشتر از آنکه به ما جهت رسیدن به آرمان‌ها نشان دهند، کار دیگری نخواهد کرد. اگر به این حقایق توجه‌ای نشود این خطر وجود دارد که جوینده کاملاً ناامید شود و یا شاید به ارزش‌های اخلاقی شک نماید، به خصوص اینکه اگر او شخصی باشد که با خودش نیز صادقانه برخورد می‌کند. به هر حال در این چنین حالتی او به راحتی می‌تواند با حمله به اصول اخلاقی قضیه را پایان دهد. مثال‌های زیادی در این خصوص در میان فلسفه‌های اخلاق وجود دارد، علوم نیز بدین گونه است. این مهم نیست که چیزی را در تصرف دائمی داشته باشیم، بلکه مهم این است که پیوسته در جهت رسیدن به هدف ایده‌آل تلاش نماییم. هر ساعت و هر روز در راه نوسازی زندگی کوشش کنیم و به رغم



بعد از همه اینها، نهایتاً ممکن است که ما بر اثر وسوسه سؤال کنیم که این چنین تلاش بی‌وقفه و اساساً ناامیدانه، کاملاً نارضایتبخش است. ممکن است حتی پرسیده شود که اصولاً فلسفه واجد ارزش است یا نه؟ و یا به پیروان و مریدان خود هیچ نقطه اتکای ثابت و مشخصی داده است که بتوان در مسائل پیچیده شتاب‌آلود و پی‌درپی زندگی، از آن یک امنیت فوری و قاطع بدست آورد؟

خوشبختانه این سؤال پاسخ مثبت دریافت کرده است. یک نقطه ثابت و یک اطمینان خاطر جمعی برای همه ما در همه زمان‌ها وجود دارد. یک گنج مسلم که برای هر انسان باتفکر و با احساسی بیشترین شادی‌ها و آرامش فکر را تضمین می‌کند و از این رو دارای ارزش جاودانی است. این دارایی، قوه تفکر ناب و اراده توانا می‌باشد که موجب دلگرمی و فراهم آمدن زمینه‌های اطمینان بخش در طول زندگی پرتلاطم ماست. تفکر و اراده شرط اولیه و اساسی، برای هر هدایت واقعی رضایت بخش و همچنین بهترین وسیله دفاع در مقابل عذاب‌های ناشی از ندامت و پشیمانی‌اند. اینها بنیاد و اساس هر علم اصیل هستند و همچنین یک معیار مطمئن که توسط آنها می‌توان ارزش‌های اخلاقی هر فردی را سنجید.

آنهایی که همیشه در حال تلاش و پیشرفت هستند  
 آنهایی هستند که ما می‌توانیم نجاتشان بدهیم.

## علیت در طبیعت

اخیراً امیدهای زیادی دربارهٔ شناخت طبیعت پدید آمده که ناشی از موفقیت‌های درخشان علم فیزیک است، اما همین پیشرفت‌ها نشانگر این امر است که باید این امید در بعضی موارد مهم تعدیل شود. برای مثال، مشاهده شد که قانون علیت نمی‌تواند در سطح جهان به صورت سنتی کلاسیک اعمال شود؛ چراکه عدم موفقیت آن در دنیای اتم‌ها کاملاً اثبات شده است. در نتیجه تمام کسانی که به معنا و اهمیت مطالعهٔ علمی علاقه‌مند هستند، مجبورند از نو کیفیت اصلی قوانین طبیعت به ویژه مفهوم دقیق علیت را بررسی نمایند.

دیگر امکان ندارد راه را مانند کانت<sup>(۱)</sup> ادامه دهیم، که قانون علیت را قانونی تغییرناپذیر و قابل اعمال به تمام رویدادها می‌دانست. بنابراین، او قانون علیت را در زمرهٔ مقوله‌هایی غریزی قلمداد می‌کرد که تجربه بدون آن ممکن نیست. بدون شک اصلی که کانت اعتقاد دارد این است که برخی از مقولات، اصول موضوعه و مقدم بر تمام تجربه‌ها هستند، یعنی نوعی آگاهی که مستقل از تجربه به دست می‌آید که کماکان برای همیشه بدون تغییر باقی خواهد ماند. اما این اصل، خود به ما چیزی راجع به

بدون تغییر باقی خواهد ماند. اما این اصل، خود به ما چیزی راجع به معنی ماهیت تک تک طبقات و مقولات نمی‌گوید و این حقیقت که، اصل پذیرفته شده هندسه اقلیدسی، که کانت آن را به عنوان طبقات مطرح نمود، بعداً ثابت شد اصلی توانمند است، اما در عمل نیاز به اصلاحاتی دارد و این امر باعث شد تا فیزیکدانان در این مورد بسیار محتاط باشند. بنابراین، برای اینکه بدون تعصب کارمان را ادامه دهیم باید از فرضیات خطرناک پرهیز کنیم و در واقع بایستی از نقطه قابل اعتماد و مطمئنی آغاز جدیدی داشته باشیم تا بتوانیم مفهوم علیت را به درستی تبیین نماییم.

هنگامی که می‌گوییم که یک رابطه علی بین دو رویداد وجود دارد، منظورمان این است که نوعی قانون آنها را به هم پیوند می‌دهد که رویداد اولی را «علت» و دومی را «اثر» یا «معلول» می‌نامیم. حال سؤالی که مطرح می‌شود این است که ماهیت اصلی رابطه بین این دو چیست؟ آیا معیاری وجود دارد که به ما اجازه دهد که بگوییم کدام واقعه طبیعی معلول دیگری است؟

قدمت این سؤال به اندازه خود علوم طبیعی است و از آنجا که پیوسته مطرح می‌شود، نشان می‌دهد که تاکنون جواب قطعی برای آن به دست نیامده است. این امر رضایت‌بخش نیست، اما چنانچه فکر کنیم که غیر از این امکان نداشت این احساس نارضایتی کمتر خواهد شد. این که به روزی امیدوار باشیم که نخست تعریف دقیقی از علیت صورت گیرد و سپس این تعریف را به عنوان پایه و اساس برای تحقیق اعتبار قانون علیت در طبیعت به کار ببریم، امروزه به دلیل پیشرفت‌های زیادی که در امر مطالعه طبیعت به دست آمده ساده لوحانه و احمقانه به نظر می‌رسد. همانند هر علم دیگری، در علوم طبیعی نیز هدف اصلی این نیست که از تعدادی مفاهیم بنیادی شروع کنیم و سعی کنیم بفهمیم که آیا این مفاهیم

در دنیای اطراف ما قابل درک هستند یا نه؟ درست خلاف آن صحیح است، بدون هیچ گونه آمادگی یا اطلاعات قبلی متولد شده‌ایم و درست در بحبوحه زندگی قرار گرفته‌ایم تا راه خود را در این زندگی پیدا کنیم. این زندگی به ما تعلق دارد چه آنرا بخواهیم، چه نخواهیم. باید سعی کنیم برای تجربیات خود نظمی ایجاد نماییم. برای این منظور، می‌توانیم از امکانات فکری و توانمندی ذاتی که در بدو تولد به ما بخشیده شده است استفاده کنیم تا بتوانیم مفاهیم مشخصی را شکل دهی کنیم، تا شاید در تجاربی که کسب کرده‌ایم و یا در آینده به دست خواهیم آورد قابل اعمال باشد. پر واضح است که چنین رویه‌ای، تلویحاً به معنای سر درگمی و نامفهومی است و حقایق بی‌شمار در هر شاخه‌ای از علم گواه این مدعا است. در اینجا کافی است اشاره کنیم که حتی در ریاضیات که دقیق‌ترین علوم است، بحث و گفتگو در مورد ریشه و معنی مفاهیم اولیه آن بیش از هر زمان دیگری شدت یافته است. اگر در مورد ریاضی این مسئله صدق می‌کند به تبع نمی‌توان انتظار داشت که از مفهوم علیت که به طبیعت اطلاق می‌شود، تعریف دقیقی ارائه داد که در تمام زمان‌ها و جوامع معتبر باشد.

با وجود این، مردان متفکر هرگز از پرسش درباره طبیعت و اعتبار قانون علیت باز نایستاده‌اند، توجه روزافزون به این مسئله و نتایج حاصل از آن، بیانگر این است که علیت مسئله‌ای بنیادی است. شک است که علت کاملاً خارج از حواس و ادراکات ما باشد و آنجا که بررسی دقیق علمی میسر نیست، علیت، عمیقاً ریشه در جهان واقعیت دارد. مطمئناً اگر کره زمین با تمامی ساکنانش نابود گردد پدیده‌های جهان، همچنان به تبعیت خود از قانون علیت ادامه می‌دهند حتی اگر انسانی زنده نباشد که صحت و حقانیت این ادعا را آزمایش کند.

تلاش‌های بسیاری که تاکنون در این رابطه انجام گرفته است به ما نشان می‌دهد که بهترین رویکرد به مفهوم علیت، در واقع، ظرفیت و توانایی است که ما در پیش‌گویی رویدادهای آینده آن را کسب کرده و در تجارب روزانه خود به کار بسته‌ایم. در حقیقت برای نشان دادن رابطه علی بین دو رویداد، بهترین روش این است که نشان دهیم وقوع یک رویداد به ما اجازه پیش‌بینی قاعده‌مند رویداد دیگری را می‌دهد. برای کشاورز در داستان زیر همین روش صادق است و او بدون هرگونه شک و شبهه‌ای در مورد رابطه سببی بین کود مصنوعی و حاصلخیزی خاک، مطالب فوق را به خوبی نشان داد. منتقدین شکاک حاضر نبودند باور کنند که علت محصول پر بار شبدر در زمین آن کشاورز همان کود مصنوعی است و سعی کردند تا دلیل دیگری برای آن پیدا کنند. پس، کشاورز زمین خود را به صورت خطوطی که به شکل حروف الفبا بود شخم زد و آنها را کود داد و بقیه زمین را بدون اینکه کود دهد همان طور دست نخورده به حال خود رها نمود. وقتی بهار بعد سر رسید شبدرها رشد کردند، و خطوط حروف پر شده و کلمات به صورت زیر خوانده می‌شدند:

«این قسمت از زمین توسط سولفات آهک کودریزی شده است.»

نظر من این است که مرحله بعدی را با یک گزاره ساده و کلی شروع کنیم و آن اینکه: اگر بتوانیم رویدادی را با قطعیت پیش‌گویی کنیم، آن رویداد به طور سببی شرطی شده است و منظورم هم بیش از این نیست که بگویم «امکان پیش‌بینی صحیح آینده، یک معیار قابل اطمینان برای نشان دادن وجود رابطه سببی است» و البته این دو گزاره یکی نیست. یک مثال بارز را در نظر بگیرید. ما می‌توانیم در طول روز با اطمینان از قبل بگوییم که شب خواهد آمد و لذا شاید ما این طور استنباط کنیم که شب یک علت دارد، اما ما نمی‌توانیم دلیل آمدن شب را روز بدانیم. از طرف

دیگر بسیار اتفاق افتاده است جایی فرض می‌کنیم رابطه سببی وجود دارد که پیش‌گویی صحیح کاملاً غیرممکن باشد. این مثال در مورد وضعیت آب و هوا صادق است، امروزه عدم اطمینان به پیش‌بینی کنندگان وضع هوا ورد زبان‌هاست، ولی با این وجود هیچ هواشناسی تعلیم دیده‌ای وجود ندارد که باور نکند رویدادهای جوی به طور علی معین می‌گردند. بنابراین به نظر می‌رسد که پیشنهاد اولیه من بیش از یک ارزش مشروط نداشته باشد و آن اینکه برای درک واقعی مفهوم علیت، ما باید بسیار جدی‌تر از اینها تلاش کنیم.

در خصوص پیش‌بینی وضع آب هوا، بازتاب روشن آن این است که وضع آب و هوا غیر قابل اعتماد است، صرفاً به دلیل اینکه موضوع سؤال، یعنی جو، خیلی وسیع و پیچیده است. برای مثال، اگر ما قسمت کوچکی از جو را در نظر بگیریم مانند یک لیتر هوا، هنگامی که تحت تأثیر عوامل محیط خارجی از قبیل رطوبت، گرما و فشار قرار دارد ما برای پیش‌بینی وضعیت آن در موقعیت بهتری قرار داریم. ما با برخی از قوانین قطعی و مسلم فیزیک آشنا هستیم، قوانینی که ما را قادر به پیش‌بینی نسبتاً دقیق نتایج و اندازه‌گیری‌هایی می‌سازد که توسط آنها اثراتی همچون افزایش فشار، دمای بالا، چگالش و غیره را کشف کنیم.

هر چند در یک بررسی دقیق‌تر به کشف قابل توجهی می‌رسیم و آن اینکه هر قدر اندازه‌گیری ما ساده و تجهیزات حساس باشند، هرگز قادر نخواهیم بود که از قبل نتیجه اندازه‌گیری را با دقت مطلق محاسبه کنیم و همیشه یک عامل بی‌دقتی وجود خواهد داشت که این نه تنها در مورد محاسبات ریاضی محض، بلکه در زمینه‌های دیگر نیز صدق می‌کند. برای مثال می‌توانیم جذر عدد ۲ را ذکر کنیم. چیزی که برای مکانیک و گرما صدق می‌کند، در تمام شاخه‌های دیگر فیزیک به خصوص

رویدادهای ایتیکی و الکتربیکی نیز صادق است.

متعاقباً حقایق موجود ما را مجبور می‌سازند که موقعیت اوضاع را درست جمع‌بندی کرده و اعتراف کنیم که هیچ‌گاه ممکن نیست رویدادهای فیزیکی را دقیقاً پیش بینی کنیم.

چنانچه این حقیقت را در کنار اظهار قبلی خود که بحث را با آن آغاز کردیم قرار دهیم، که بیان شد یک رویداد هنگامی به طور سببی قابل تعیین است که بتوانیم آن را دقیق پیش‌بینی کنیم، آن وقت خود را در وضعی دشوار و گریزناپذیری خواهیم یافت. حال اگر در گفته اولیه خود بسیار پافشاری کنیم، می‌بینیم که طبیعت حتی یک مورد به ما نشان نمی‌دهد که گویای رابطه علی باشد، و اگر همچنان اصرار داشته باشیم که احتمالی هر چند اندک برای علیت مطلق وجود دارد، متوجه می‌شویم که مجبور هستیم قسمت‌هایی از نظریه اولیه خود را تغییر دهیم.

البته گروهی از فیزیکدانان و فیلسوفان شق اول را ترجیح می‌دهند. پیشنهاد می‌کنم این گروه را نامعین‌گرها بنامیم. آنها بر این باورند که علیت اصلی یا قانونی در طبیعت وجود ندارد این توهم نامعین‌گرها بدین علت است که مشاهده کرده‌اند بعضی از قوانین معتبر، گاه تا حد زیادی، البته نه به طور کامل، نقض می‌شود. در اصل یک نامعین‌گر به دنبال پایه آماری برای هر قانون فیزیکی است، حتی در مورد جاذبه. برای او تمام قوانین، قوانین احتمالات است، که به میانگین مشاهدات مشابه متعدد اشاره می‌کند و ادعا دارد که برای هر مشاهده منفرد بیش از یک اعتبار تخمینی وجود ندارد و همیشه استثنائات را می‌پذیرند.

یک مثال خوب برای این‌گونه قوانین آماری در فشاری است که توسط گاز بر روی دیواره محفظه وارد می‌شود که بستگی به دما و چگالی آن گاز دارد. فشار وارده از طرف گاز به دلیل برخورد پیوسته تعداد بی‌شماری از

مولکول‌ها است که با سرعت زیاد به طور منظم در تمام جهات در حال حرکت هستند. اگر کل انرژی وارده ناشی از این برخوردها را محاسبه کنیم، متوجه می‌شویم فشار اعمال شده بر روی دیواره محفظه تقریباً متناسب با چگالی گاز و مجذور سرعت میانگین مولکول‌هاست. همچنین این محاسبه تا حدود رضایت بخشی با اندازه‌گیری‌های واقعی همخوانی دارد، به شرط این که حرارت به عنوان یک معیار اندازه‌گیری سرعت در نظر گرفته شود.

اگر روی فشاری که بر هر قسمت کوچک دیواره محفظه وارد می‌گردد تمرکز کنیم، متوجه می‌شویم که تعدادی تغییرات موقتی در فشار گاز رخ می‌دهد که با مطالعه آنها تئوری فوق مستقیماً تایید می‌شود. اگر این قسمت کوچک را ما یک میلیاردم مجذور میلی‌متر در نظر بگیریم، می‌بینیم یک مولکول به آن محل اصابت می‌کند و مدتی طول می‌کشد تا دوباره به مولکول بعدی اصابت کند. از طرفی مولکول‌ها نیز می‌توانند چند ضربه متوالی به آن محل وارد کنند که تمام اینها با احتمال همراه است. البته در این شرایط غیرممکن است ادعا کنیم که گاز به طور مستمر فشار وارد می‌کند، درست بر عکس، فشار تغییرات نامنظم دارد. قانون ساده فشار، فقط برای سطوح نسبتاً گسترده قابل قبول است، چرا که اصابت‌های بسیاری صورت می‌گیرد و تعداد زیاد مولکول‌ها، اثرات نامنظم همدیگر را خنثی می‌کنند.

چنین تغییراتی که در اثر اصابت نامنظم مولکول‌ها به وجود می‌آید، در جاهایی مشاهده می‌شود که مولکول‌ها حرکت سریع دارند و با اجسامی در تماس هستند که به سهولت به حرکت در می‌آیند. البته این تغییرات



برای اجسام در حال حرکت نیز مشاهده می‌شوند، که نخستین بار براون<sup>(۱)</sup> آن را توصیف کرد و نام او بر روی این اثر گذاشته شده. برای مثال مولکول‌های مایع به ذرات زیر غبار معلق در مایع اصابت می‌کنند و حرکات و جنبش‌های لرزشی به وجود می‌آورند. این حقیقت که یک ترازوی بسیار حساس، هرگز دچار حالت سکون نمی‌شود و مدام در حال نوسانات نامنظم حول یک نقطه تعادل است، مورد دیگری از این جنبش است.

پدیده‌های گوناگون رادیو اکتیو، مثال دیگری از قوانین آماری است. یک ماده رادیو اکتیو مدام تعدادی ذرات از خود ساطع می‌کند که می‌تواند بار منفی و یا مثبت داشته باشند و این فرآیندی است که به علت تجزیه آتی اتم‌های ماده است. وقتی با زمان نسبتاً طولانی سروکار داریم، تقریباً می‌توانیم بگوییم که این گسیل یکنواخت است اما برای زمان‌های کوتاه که خیلی بیشتر از بازده متوسط بین دو گسیل متوالی نیستند، می‌بینیم که فرآیند کاملاً بی‌نظم است.

حال نامعین‌گرها با هر قانون فیزیکی همین رفتار و برخوردی را دارند که با قوانین گازها و رادیو اکتیو دارند. به گفته دیگر، آنها این موارد را در آخر فهرست تحلیلشان قرار داده‌اند و فقط آن را یک احتمال می‌دانند. برای آنها، طبیعت یک مورد کاملاً آماری بوده و هدف آنان این است که فیزیک را بر اساس حساب احتمالات بنا کنند.

هرچند، در حقیقت فیزیک تاکنون مخالف این فرض مخالف توسعه یافته است و فیزیک دانان انتخاب دوم را که در بالا ذکر شد اختیار نموده‌اند. به بیان دیگر، اگر قرار است که ما دچار تناقض نشویم، اصل

علیت نمی‌بایستی تغییر می‌یافت، اصلی که طبق آن، وقتی رویدادی به طور سببی قابل تعیین است که بتوان آن را، به طور دقیق، پیش‌گویی کرد، اما این اصل تا حدودی تغییر یافته است. در واقع چیزی که انجام شده این است که معنای واژه «رویداد» که تاکنون از آن استفاده می‌کرده‌ایم عوض شده است. طبق فیزیک نظری یک اندازه‌گیری مفرد، یک رویداد نیست زیرا همیشه چنین اندازه‌گیری شامل عوامل تصادفی و غیر ضروری است. منظور فیزیک از یک رویداد، صرفاً یک فرآیند عقلانی است. فرایندی که دنیای جدیدی را جایگزین دنیایی می‌کند که حس‌ها و تجهیزات اندازه‌گیری در کمک به این حس‌ها، به ما داده است. این دنیای دیگر، در واقع همان تصویر دنیای فیزیکی است که صرفاً یک ساختار عقلانی، هوشمندانه و تا حدودی هم تصادفی دارد. یک نوع مدل یا آرمانگرایی است که تا از بی‌دقتی‌های ذاتی که در هر اندازه‌گیری وجود دارد پرهیز شود و در عوض یک تعریف دقیق کسب کند.

بنابراین هر مقدار قابل اندازه‌گیری، هر طول، هر مدت زمان، هر جرم و هر باری یک معنی دوگانه دارد. ممکن است نتیجه مستقیم یک اندازه‌گیری باشد و یا شاید به مدلی اعمال شود که ما آن را تصویر دنیایی فیزیکی نامیده‌ایم. در مورد اول، هرگز این به طور دقیق تعریف نمی‌شود و در نتیجه هرگز نمی‌توان آن را با یک عدد مشخص نشان داد. مورد دوم را نمادهای معین ریاضی نشان می‌دهند که ما می‌توانیم طبق قوانین دقیق آنها عمل نماییم. اگر ما در فیزیک راجع به ارتفاع یک برج و از معادله مثلثات برای محاسبه آن صحبت کنیم، چیزی که در ذهن داریم در واقع مقدار تعریف شده دقیق آن است. از طرفی، اندازه‌گیری واقعی برج، مقدار دقیق آن را به ما نمی‌دهد. بنابراین، ارتفاع ایده‌آل که می‌توان به طور دقیق محاسبه نمود، همیشه با آن چیزی که اندازه‌گیری می‌کنیم متفاوت خواهد

بود. این نکته به همین اندازه برای نوسان تناوبی یک پاندول و یا درخشایی یک منبع الکتریکی نیز صدق می‌کند. مضافاً، هر ثابت جهانی مانند سرعت نور در فضا یا بار یک الکترون در تصویر دنیای فیزیکی و در هر اندازه‌گیری واقعی متفاوت است، بدین معنا که در اولی کاملاً دقیق بوده ولی در دومی به طور دقیق تعریف نشده است. اگر چنانچه مایلیم که درکی صحیح از موضوع داشته باشیم، چاره‌ای نیست جز اینکه قبول کنیم بین مقادیر دنیای حواس ما و مقادیر تصویر دنیا، یک تمایز روشن و نامتناقض وجود دارد. بدون وجود این تمایز، هر گونه بحثی در باره این سؤال همیشه ما را به گمراهی و سوء تفاهم خواهد کشاند.

لذا، همان طور که گاهی اوقات اظهار شده، بحث مورد نظر این نیست که تصویر دنیای فیزیکی می‌تواند و یا بایستی فقط شامل مقادیر مستقیم و قابل مشاهده باشد، بلکه درست عکس آن حقیقت دارد. تصویر دنیا به هیچ وجه شامل مقادیر قابل مشاهده نیست و تنها چیزی که دارد در واقع همان نشانه‌ها و علائم است. علاوه بر آن می‌توان گفت: این تصویر دارای یکسری مؤلفه‌های تغییرناپذیر و یکنواخت است که در نگاه اول هیچ معنایی در دنیای حواس ندارد و اصولاً شاید هیچ معنایی نداشته باشند، برای مثال امواج اتر، نوسانات نسبی، مختصات مرجع و غیره ممکن است مفاهیمی غیرضروری به نظر برسد، با وجود این آنها پذیرفته شده‌اند چرا که آنها با ارائه تصویر دنیا مزیتی قطعی به همراه می‌آورند. این مزیت در این حقیقت نهفته است که آنها به یک معین‌گری محض اجازه عمل می‌دهند.

این درست است که تصویر دنیا وظیفه‌ای بیش از یک نقش کمکی ندارد ولی در تحلیل نهایی این وقایع، دنیای حواس هستند که اهمیت دارند و نیاز ما، محاسبه پیشاپیش و دقیق آنها تا سرحد امکان است. طبق

تئوری کلاسیک عملکرد بدین گونه است که یک هدف، برای مثال، از یک سیستم اجسام مادی، از دنیای حس‌ها گرفته شده و در هر حالت اندازه‌گیری شده، نشان‌گذاری می‌شود، پس از نشانه‌گذاری به تصویر دنیا انتقال داده می‌شود. در نتیجه ما یک ساختار فیزیکی که در حالت اولیه خود مشخص و تعریف شده است به دست می‌آوریم. بعدها که تأثیرات خارجی بر شیء اثر می‌کنند، بر حسب تصویر دنیا نیز نشان‌گذاری می‌شوند. در نتیجه در مرحله دوم، ما به نیروهای خارجی که بر ساختار عمل می‌کنند و یا به بیان دیگر، به شرایط آستانه‌ای دست می‌یابیم. این داده‌ها رفتار سیستم را در تمام اوقات به طور علیّی تعیین می‌کنند و می‌توانیم آن را با دقت زیادی از معادلات دیفرانسیل که از تئوری به دست آمده، محاسبه کنیم. در این روش، مختصات و سرعت تمام نقاط مادی سیستم، قطعاً تابعی از زمان هستند. حال اگر در مراحل بعدی ما این علایم را که برای تصویر دنیا به کار رفته بود به دنیای حواس برگردانیم، نتیجه این است که رویداد بعدی دنیای حواس، با رویداد قبلی دنیای حواس به هم مرتبط شده‌اند، بنابراین دومی ما را قادر می‌سازد تا یک پیش‌گویی تقریبی از اولی داشته باشیم.

لذا، می‌توانیم این بحث را این گونه خلاصه کنیم: در حالی که همیشه پیش‌گویی هر رویدادی از دنیای حواس دستخوش تعدادی بی‌دقتی‌های مشخص است، اما همه وقایع تصویر دنیای فیزیکی طبق قوانین معین و مشخصی روی می‌دهند و به طور سببی تعیین شده‌اند. بنابراین، معرفی تصویر دنیای فیزیکی ما را قادر می‌سازد تا بی‌دقتی‌های ذاتی را که در تبدیل رویدادی از دنیای حواس به تصویر دنیا و تبدیل دومی به اولی روی می‌دهد را، با بی‌دقتی ذاتی که در پیش‌گویی یک رویداد دنیای حواس اتفاق می‌افتد، جایگزین سازیم. اهمیت تصویر دنیای فیزیکی دقیقاً در

همین نکته است.

تئوری کلاسیک تلاش کرده است تا این بی‌دقتی‌های ناشی از انتقال را نادیده بگیرد و در عوض روی اعمال علیت به وقایع تصویر دنیای فیزیکی متمرکز کرده و با این روش موفقیت‌های چشم‌گیری نیز به دست آورده است. تئوری کلاسیک حتی در کشف توضیح قانع‌کننده برای تغییرات نامنظم فشارگاز و یا حرکت مولکول‌ها (حرکت براون) که با علیت محض نیز سازگار است، موفق بوده است. برای نامعین‌گرها این پدیده‌ها هیچ‌گونه مشکلی به وجود نیاورده است، یعنی آنها در پی هر قانون به دنبال بی‌نظمی هستند و قوانین آماری رضایت‌فوری آنها را جلب می‌نماید. متعاقباً آنان خود را به این فرض محدود می‌سازند که تصادم بین دو مولکول و یا یک مولکول با محفظه، تحت حاکمیت قوانین آماری قرار دارد. در حالی که واقعاً برای این فرض، دلیل معتبری جز این وجود ندارد که الکترون‌هایی که روی سطح هادی جمع می‌شوند به ما اجازه این استنباط را می‌دهند که بار هر الکترون روی سطح خودش قرار دارد. از طرف دیگر، معین‌گرها برای هر بی‌نظمی به دنبال قانون هستند و وظیفه آنان تبیین تئوری قوانین گازها است که بر اساس این فرض بنا شده که تصادم بین هر دو مولکول به طور سببی تعیین شده است.

حل این مسئله تمامی عمر فیزیکدان برجسته‌ای به نام لودویگ بولتزمن<sup>(۱)</sup> را در بر گرفت و یکی از ظریف‌ترین دستاوردهای تحقیقات نظری محسوب می‌شود و نه تنها منجر به این نظریه شد که انرژی میانگین نوسانات حول نقطه تعادل با دمای مطلق تغییر می‌کند که با آزمایش‌های متعددی تأیید شدند، بلکه به ما اجازه محاسبه بسیار دقیق تعداد مطلق و

جرم مولکول‌ها را نیز می‌دهد که برای مثال تنها با یک ترازوی بسیار حساس از طریق اندازه‌گیری صورت می‌پذیرد.

به نظر می‌رسید، این موفقیت و سایر موفقیت‌های مشابه به ما این امید را می‌دهد که تصویر جهان فیزیک کلاسیک بتواند وظیفه‌ای که به عهده آن گذاشته شده است را تضمین نماید و همچنین بی‌دقتی‌های باقیمانده بعد از فرآیند انتقال از دنیای حواس و برگشت دوباره به آن نهایتاً حل شوند و یا به مرور به دلیل پیشرفت تجهیزات اندازه‌گیری بی‌اهمیت تلقی گردند. این امید با ورود کوانتوم پلانک به صحنه برای همیشه از بین رفت. تئوری کوانتوم اساساً از پرتو نور و گرما تکامل یافته است. در این مقطع چه بسا بهتر باشد با فرآیندهای پرتو آغاز کنیم. حقایق بی‌شماری به ما اجازه می‌دهد که این مطلب را ثابت شده قلمداد کنیم که انرژی هر باریکه نور رنگی به صورت یک جریان ثابت و پیوسته حرکت نمی‌کند، بلکه در اجزای جداگانه‌ای به نام فوتون حرکت می‌کند. اندازه این فوتون‌ها فقط بستگی به رنگ نور دارد، این فوتون‌ها از منبع خود حرکت کرده و در تمام جهات با سرعت نور حرکت می‌کنند که تا اینجا طبق قانون نیوتن رفتار می‌نمایند. جایی که شدت نور زیاد است، چگالی فوتون‌ها هم افزایش می‌یابد و آن قدر نزدیک به هم حرکت می‌کنند که یک باریکه پیوسته به نظر می‌رسند. اما وقتی به مرور فاصله آنها از منبع افزایش می‌یابد، چگالی آنها نیز کاهش می‌یابد و کمتر به هم نزدیک می‌شوند و با فاصله‌ای بیشتر نسبت به هم حرکت می‌کنند. مانند یک فواره آب که به تدریج باریک‌تر می‌شود تا اینکه نهایتاً به ذرات منفرد با اندازه‌ای مشخص تبدیل می‌شود. حقیقت مشخصه این است که فوتون‌ها (ذرات حاوی انرژی) هنگامی که انرژی پرتو کاهش می‌یابد کوچک‌تر نمی‌شوند و تغییر اندازه نمی‌دهند، بلکه آنچه اتفاق می‌افتد این است که با فاصله بیشتری از

یکدیگر را حرکت می‌کنند.

حال به راحتی می‌بینیم که کاربرد علیت برای این وقایع چگونه ما را با مشکلات اساسی روبه‌رو می‌کند. برای مثال، در نظر بگیرید پرتوی رنگی به صفحه شیشه‌ای کاملاً صیقلی برخورد کند. بخشی از این نور منعکس خواهد شد و بخشی دیگر از آن، حدوداً بیش از سه برابر، عبور خواهد کرد. نسبت بین این دو قسمت به شدت نور، به بیان دیگر، به تعداد فوتون‌هایی که با صفحه برخورد می‌کنند بستگی ندارد و این با آزمایش نشان داده شده است. حال اگر تعداد فوتون‌هایی که برخورد می‌کنند زیاد باشد، مثلاً یک میلیون، راحت می‌توان گفت چه تعداد از آنها منعکس و چه تعداد نفوذ خواهند کرد: دویست و پنجاه هزار عدد از آنها منعکس می‌گردند و هفتصد و پنجاه هزار دیگر نفوذ خواهند نمود. حال اگر پرتو نور خیلی ضعیف باشد، به طوری که تنها یک فوتون با صفحه برخورد کند و پرسیده شود که آیا این فوتون منعکس می‌گردد و یا نفوذ خواهد کرد؟ کمی خجالت زدگی دارد! آسان‌ترین حل این است که آن را به چهار قسمت تقسیم کنیم، اما این کار غیرممکن است.

البته بدتر از اینها در راه است. در مثال قبلی، شاید راهی برای توجیه وجود داشته باشد و آن این است که فرض کنیم نه تنها یک حالت عدم قطعیت موقتی وجود داشت، بلکه عوامل ناشناخته خارجی و مهم دیگری نیز بر روی حالت‌های فوتون تأثیر می‌گذاشتند. اما برای مورد بعدی وضعیت کاملاً ناامیدانه است. این حقیقت دارد که برخی از رنگ‌ها گزینشی منعکس می‌شوند و برخی گزینشی اجازه عبور دارند، وقتی پرتو نور سفید به صفحه برخورد می‌کند، صفحه در نور منعکس شده و همچنین عبور کرده و دیده می‌شود. تئوری کلاسیک موج نور، با بیان این مطلب توضیح کاملاً قانع‌کننده‌ای ارائه می‌دهد: نور منعکس شده از جلو

با نور منعکس شده از عقب تداخل ایجاد می‌کند و در نتیجه این دو پرتو منعکس شده مطابق خط موج یکی از پرتوها و همگام با خط موج و فرورفتگی پرتو بعدی یکدیگر را تقویت و یا تضعیف می‌نمایند. طول موج‌های مختلف نور متفاوت هستند، به طوری که برای رنگ‌های مختلف طول موج‌های متفاوت وجود دارد که این تفاوت‌های محاسبه شده دقیقاً با اندازه‌گیری واقعی همخوانی دارند. این پدیده را نیز می‌توان در نور ضعیف با حداقل شدت مشاهده کرد.

حال اگر فقط یک فوتون با صفحه برخورد کند چه اتفاقی می‌افتد؟ فوتون باید با خودش تداخل کند، زیرا در غیر این صورت طول موج آن نمی‌تواند تأثیری داشته باشد. برای این منظور هم، فوتون باید به دو قسمت تقسیم شود و این غیر ممکن است. بنابراین می‌بینیم که نمی‌توانیم از این نظریه دفاع کنیم.

تا جایی که مربوط به تئوری کوانتوم می‌شود، مکانیک هم دقیقاً در همان وضعیت ایتیک قرار دارد. کوچک‌ترین ذرات جرمی یعنی الکترون‌ها در همان شرایطی هستند که فوتون‌ها هستند، یعنی تداخل با یکدیگر. از این نظر، یک الکترون با سرعت معلوم، شبیه به فوتونی با توان معلوم است. به گفته دیگر، اگر الکترون در زاویه مشخصی با بلوری برخورد کند، بسته به سرعتی که دارد، از جهت خاصی منعکس و یا عبور می‌کند. این پدیده را با تمام جزئیاتش می‌توان با توجه به طول موج الکترون که بیانگر مقدار انرژی آن است کاملاً توضیح داد. مسیری که الکترون هنگام برخورد با صفحه طی می‌کند، هرگز محاسبه نشده و در واقع نمی‌تواند هم محاسبه شود. مشکل اساسی تعیین مکان الکترونی که با سرعت مشخصی حرکت می‌کند با روشی بررسی می‌شود به نام رابطه



عدم قطعیت، که نخستین بار ورنر هایزنبرگ<sup>(۱)</sup> ارائه کرد. این رابطه، یک مشخصه بارز فیزیک کوانتوم است و یکی از نکاتی که بیان می‌کند این است که دقت اندازه‌گیری مکان الکترون نسبت معکوس با دقت اندازه‌گیری سرعت آن دارد و بالعکس، که البته پیدا کردن دلیل آن هم خیلی مشکل نیست. ما وقتی می‌توانیم مکان الکترون در حال حرکت را تعیین کنیم که بتوانیم آن را ببینیم و اگر قرار است آن را ببینیم پس ابتدا باید آن را روشن کنیم، یعنی به آن نور بتابانیم. اما در لحظه برخورد پرتو نور با الکترون، سرعت آن طوری تغییر می‌کند که محاسبه آن غیر ممکن می‌شود. هر چه بخواهیم دقیق‌تر مکان الکترون را مشخص کنیم به همان نسبت باید طول موج نور کوتاه‌تر باشد و هر قدر طول موج کوتاه‌تر شود، برخورد شدیدتر خواهد شد و در نتیجه، درجه بی‌دقتی در تعیین سرعت هم بالا خواهد رفت.

همین اندازه معلوم می‌شود که حتی در تئوری هم غیر ممکن است که بتوانیم با دقت نسبتاً بالایی مقادیر دلخواه مختصات و سرعت‌های نقاط مادی را، همان طور که در هسته تصویر دنیای فیزیک کلاسیک مشاهده می‌کنیم، به دنیای حواس منتقل سازیم.

این عدم امکان، شرایط را برای اعمال علیت محض بسیار مشکل می‌کند. به طوری که باعث شده برخی از نامعین‌گرها ادعا کنند که قانون علیت، به آن شکل که در فیزیک استنباط می‌شود، قطعاً مردود است. اما در بررسی عمیق‌تر متوجه می‌شویم که این نتیجه‌گیری به دلیل سردرگمی بین تصویر دنیا و دنیای حواس است و هر اندازه هم که باشد، خام است. مسلماً خیلی طبیعی‌تر است که بتوانیم با روش دیگری از این مشکل

پرهیز کنیم، روشی که اغلب کمک‌های زیادی در موارد مشابه کرده است. این روش فرضی را پیش می‌آورد و آن این است که در فیزیک، هر گونه پرسش در مورد مقادیر آنی مختصات و سرعت‌های نقطه‌ی مادی و یا حتی مسیر حرکتی فوتون هر رنگی بی‌معنی است. از این رو نباید قانون علیت را به دلیل آن که نمی‌تواند به این سؤالات بی‌معنی پاسخ دهد سرزنش کرد، یعنی همین موضوع فعلی با ساختاری تصویری از تصویر دنیای فیزیکی، تصویر دنیای کلاسیک ما را ناامید کرده است و باید چیز دیگری جانشین آن شود.

در واقع چنین چیزی صورت پذیرفته است. تصویر دنیای جدید فیزیک کوانتوم، به دلیل تمایل و پافشاری در معین‌گری به گونه‌ای است که فرصتی برای کوانتوم پلانک محسوب می‌شود. برای این منظور، باید ویژگی مادیت، که تاکنون قسمت مهمی از تصویر دنیا را تشکیل می‌داد، برتری خود را از دست بدهد و در عوض به سیستمی از امواج مادی تجزیه شود که این امواج مادی مؤلفه‌های تصویر دنیای جدید هستند.

تصویر دنیای کوانتوم کماکان همان رابطه‌ای را با فیزیک کلاسیک دارد که اپتیک موج هویگنز<sup>(۱)</sup> نسبت به اپتیک پرتو و ذره‌ای نیوتن دارد. در بسیاری از موارد مدل ذره‌ای نیوتن موفقیت‌های زیادی به دست آورد، اما در مواردی هم چنین نبوده است. و بدین ترتیب هم اکنون مکانیک کلاسیک و یا ذره‌ای در واقع بیش از یک مورد ویژه از مکانیک موج عمومی نیست. به جای ویژگی مادی سیستم کلاسیک، امواجی با بسته‌های بسیار باریک عمل می‌کنند یعنی سیستمی با تعداد بی‌شماری از امواج که به گونه‌ای با یکدیگر تداخل می‌کنند که در همه جای فضا

همدیگر را خنثی می‌کنند مگر جاهایی که توسط ماده اشغال شده باشد. البته اساساً قوانین مکانیک موج با مکانیک کلاسیک در ویژگی مادی متفاوت هستند. هرچند، این یک حقیقت الزامی است که مقداری که مشخصه امواج مادی است تابع موج می‌باشد که توسط آن شرایط اولیه و آستانه‌ای برای هر زمان و هر مکان تعیین می‌گردند. برای نیل به این چنین مقصودی قوانین محاسباتی دقیقی وجود دارند و استفاده از اپراتورهای شرودینگر<sup>(۱)</sup>، ماتریس هایزنبرگ<sup>(۲)</sup> و یا اعداد Q دیراک<sup>(۳)</sup> استفاده می‌شود.

بنابراین با معرفی توابع موج، مشکل بالا مرتفع می‌شود. همان مشکلی که درباره چگونگی رفتار الکترون هنگام برخورد با یک صفحه بلور، به وجود آمد. آن موقع پاسخ سؤال این بود که الکترون‌ها از صفحه یا منعکس می‌شوند و یا عبور می‌کنند. الکترونی که به صفحه برخورد می‌کند نمی‌تواند به چند قسمت تقسیم شود، هر چند امواجی که جایگزین آن شده‌اند قادر به انجام این کار هستند. در نتیجه تداخل بین امواج منعکس شده از سطح جلو و عقب بلور امکان پذیر است. تاکنون این چنین فرآیندهایی کاملاً غیر قابل درک بود، ولی اکنون طبق قوانینی روی می‌دهد که به طور دقیق می‌توان آنها را تبیین کرد.

در نتیجه می‌بینیم که در تصویر دنیای فیزیک کوانتوم به اندازه فیزیک کلاسیک، معین‌گری شدید و دقیق وجود دارد. تنها تفاوت آنها در نوع علایم و قواعد مختلف عملکردی است که به کار می‌برند و قبل از آن دیدیم همان چیزی که در فیزیک کوانتوم رخ می‌دهد، قبلاً در فیزیک کلاسیک اتفاق می‌افتاد. خطای پیش‌گویی وقایع در دنیای حواس برطرف

1- Schroedinger

2- Matris Hisenberg

3- Dirac

شده و خطای ارتباط بین تصویر دنیا و دنیای حواس جانشین آن شده است. به بیان دیگر ما با بی‌دقتی در انتقال علایم تصویر دنیا به دنیای حواس و بالعکس مواجهیم. اینکه چرا فیزیک‌دانان مایل هستند با این بی‌دقتی مضاعف بسازند و آن را تحمل کنند، بدین دلیل است که ثابت شده که حفظ قاعده معین‌گری در تصویر دنیا چقدر مهم و مؤثر است. در عین حال یک مشاهده‌گر دقیق، بهای گزافی برای حفظ علیت محض پرداخته است. یک بررسی سطحی نشان می‌دهد که فاصله بین تصویر دنیا و دنیای حسی فیزیک کوانتوم بسیار زیاد است و همچنین در فیزیک کوانتوم مشکل است که یک رویداد را از تصویر دنیا به دنیای حسی و بالعکس تبدیل نماییم. موضوعات به همان سادگی که در فیزیک کلاسیک بودند، نیستند. در آنجا تمام علائم معنای کاملاً واضحی داشتند، مکان، سرعت و انرژی نقطه‌مادی، که کمایش می‌توانستیم آنها را با اندازه‌گیری مستقیم به دست آوریم و ظاهراً دلیلی هم برای اینکه نهایتاً نتوانیم خطای باقی مانده را به کمک رشد و پیشرفت روزمره روش‌های اندازه‌گیری به زیر حد آستانه برسانیم وجود نداشت. از طرف دیگر، در نگاه اول تابع موج مکانیک کوانتومی به هیچ وجه کمکی به ما در تفسیر دنیای حواس نمی‌کند. ضمن اینکه واژه موج بسیار مناسب و گویا است باید مواظب باشیم و اجازه ندهیم تا حقیقت مخدوش شود، به این معنا که مفهوم موج در فیزیک کوانتوم، کاملاً متفاوت با معنی آن در فیزیک کلاسیک است. در فیزیک کلاسیک، موج یک فرآیند معین فیزیکی است، حرکتی قابل درک برای حواس با میدان الکتریکی متناوب که می‌توانیم مستقیماً آن را اندازه‌گیری کنیم، در حالی که در فیزیک کوانتوم، موج حقیقتاً چیزی بیش از احتمال وجود یک حالت مشخص نیست. هنگامی که فوتون یا الکترون با صفحه بلور برخورد می‌کند، این ماهیت‌ها و جوهره‌ها نیستند که تقسیم

می‌شوند و لذا پدیدهٔ تداخل ایجاد می‌شود، تنها چیزی که در واقع ما داریم عدم احتمال تقسیم الکترون‌ها و یا فوتون‌ها است. تنها هنگامی که تعداد بسیار زیادی از الکترون‌ها یا فوتون‌ها برخورد می‌کنند، این مقدار کاملاً نشان دهندهٔ تعداد مشخصی از الکترون‌ها یا فوتون‌هاست.

ملاحظات از این قبیل باعث شده تا نامعین‌گرها حملات خود را علیه علیت دوباره سازمان‌دهی کنند. در مورد مسئلهٔ فعلی، آنها تا حدودی در انتظار یک موفقیت قطعی هستند. چراکه، تا جایی که، تمام اندازه‌گیری‌ها مربوط به توابع موج شود، صرفاً باید یک معنی آماری داشته باشند. اما اینجا نیز مانند قبل، قهرمانان علیت محض وسیله‌ای برای فرار دارند و بار دیگر آنها می‌توانند وانمود کنند که اصلاً پرسش و یا جویاشدن در بارهٔ اهمیت علائم تصویر دنیای فیزیک کوانتومی معنی خاص و مشخصی ندارد (مثلاً امواج مادی)، مگر اینکه هم‌زمان مشخص شود که چگونه این اهمیت تعیین می‌شود و شرایط ویژهٔ دستگاه‌های اندازه‌گیری که به منظور بهره‌گیری از سمبل‌ها به دنیای حواس به کار می‌رود، چیست؟ به همین دلیل صحبت وقتی از کار علمی ابزارهای اندازه‌گیری مورد استفادهٔ متداول است، منظورمان این است که بی‌دقتی به هر میزان هم که باشد تا حدودی به این حقیقت مربوط است که مقدار اندازه‌گیری شده، از طریق قانون خاصی به دستگاهی که با آن اندازه‌گیری به عمل آمده، بستگی دارد.

در حقیقت هر اندازه‌گیری، با هر روشی، همواره کمابیش با رویدادی که قرار است اندازه‌گیری شود، تداخل دارد. حرکت الکترون مثالی است که قبلاً هم دربارهٔ آن بحث کرده‌ایم. وقتی که نور به الکترون تابانده می‌شود با مسیر حرکت آن تداخل ایجاد می‌کند و تداخل، با شدت تابش نور تغییر می‌کند و تابش نور برای اندازه‌گیری ضرورت دارد، در نتیجه یک موج مادی مفروض به دفعات با رویدادهای گوناگون جهان حواس

ارتباط حاصل می‌کند. زیرا مفهوم یک موج مادی تنها به خود موج بستگی ندارد، بلکه به ارتباط دو طرفه بین موج و ابزار اندازه‌گیری بستگی دارد. فرض بالا موجب تحولات جدیدی در کلیات سؤال می‌شود که خط سیر بعدی آن مشخص نیست. حال، این سؤال نامعین‌گرها می‌تواند منصفانه باشد که آیا مفهوم تأثیر سببی، به شکل عامل خارجی که توسط دستگاه اندازه‌گیری بر رویداد اندازه‌گیری شده اعمال می‌شود اصولاً عقلانی است یا نه؟ با در نظر گرفتن اینکه ما فقط از طریق اندازه‌گیری با رویدادی آشنا می‌شویم، بنابراین هر اندازه‌گیری خودبه‌خود یک تداخل علی جدید می‌شود و یا به بیان دیگر، یک آشفتگی جدید در رویداد به وجود می‌آورد. در نتیجه، به نظر غیرممکن می‌رسد که بین «خود رویداد» و دستگاه اندازه‌گیری تفکیکی قائل شویم.

هر چند این ایراد، خیلی به موضوع فعلی ارتباط ندارد. هر فیزیک‌دان تجربی می‌داند که روش‌های مستقیم و غیر مستقیمی وجود دارند که در بسیاری از موارد که روش مستقیم ناموفق بوده، روش غیرمستقیم توانسته کمک‌های زیاد و مفیدی انجام بدهد. حتی مهم‌تر از این، باید گفت که این نظر متداول و خوش‌ظاهر، دیگر مردود شده است که: تنها وقتی یک مسئله در فیزیک شایستگی بررسی دارد که از قبل بدانیم جواب قطعی برای آن وجود دارد. چرا که اگر قرار بود این قاعده را پیاده کنیم، دیگر هرگز نیازی به آزمایش‌های معروفی که توسط مایکلسون<sup>(۱)</sup> و مورلی<sup>(۲)</sup> برای اندازه‌گیری سرعت زمین انجام گرفت، نبود و چه بسا امروزه ما نظریه نسبیت را نداشتیم. اندازه‌گیری سرعت مطلق زمین، برای مدت‌های طولانی کاملاً بی‌فایده تلقی می‌شد، ولی امروزه ثابت شده زحمات

زیادی که متخصصان در این خصوص متحمل شدند، برای فیزیک بی نهایت مفید واقع شده است. چه بسا در همین راستا پی گیری مسئله علیت محض نیز با اهمیت باشد، چرا که راه زیادی تا رسیدن به حل آن در پیش رو خواهیم داشت و ممکن است ثابت شود که حل این مسئله از خیلی سؤالات دیگر مطرح شده در فیزیک سودمندتر باشد.

بنابراین سؤال اصلی این است که چگونه به یک نظر واحد برسیم؟ طبیعتاً تنها کاری که می توانیم انجام دهیم این است که یکی از این دو نظر مخالف را انتخاب کنیم و بینیم کدامیک بی فایده و کدام به نتایج ارزشمند منتهی می شوند. همین که تا این مرحله می بینیم فیزیکدانان علاقه مندی خود را به این مسئله نشان می دهند بسیار رضایتبخش است و آنان سعی می کنند به دو گروه تقسیم شوند: نخست کسانی که به معین گری و علیت اعتقاد دارند و دوم کسانی که به نامعین گری گرایش دارند. این طور به نظر می رسد که اکثریت از گروه دوم باشند، هر چند با قاطعیت نمی توان بدان اطمینان داشت و شاید به مرور زمان تغییراتی اتفاق بیافتد. البته ممکن است گروه سومی هم وجود داشته باشد که حالت میانی دارند، یعنی بر این باور هستند که برخی از مفاهیم مشخص مانند جذب الکتریکی یا جاذبه دارای اهمیت زیادی هستند که از قوانین دقیق تبعیت می کنند. از طرفی، سایر موارد مانند موج نور یا موج ماده صرفاً یک معنی آماری برای دنیای حواس دارند. ولی شاید چنین نظری به دلیل عدم وحدت، قابل قبول نباشد، لذا پیشنهاد می کنم فعلاً این نظر را کنار بگذاریم و تنها به بررسی دو دیدگاه کاملاً منسجم بپردازیم.

وقتی یک نامعین گر متوجه شود که توابع موج در فیزیک کوانتوم صرفاً مقادیر آماری دارند، کنجکاوی او ارضا می شود و نیازی احساس نمی کند که سؤالات بیشتری در این زمینه بپرسد. همین طور وقتی او با فرآیندهای

رادیواکتیو سروکار دارد، از اینکه متوجه می‌شود، برای مثال، تعداد مشخصی از اتم‌های ترکیب رادیم به طور میانگین در هر ثانیه تجزیه می‌شود، راضی است و نمی‌پرسد چرا یک اتم اکنون تجزیه شد و اتم مجاور آن هزاران سال تجزیه نشده باقی مانده است. از طرفی، یک قانون مسلم طبیعی مانند قانون جاذبه الکتریکی کولوم<sup>(۱)</sup>، برای او مسئله‌ای حل نشدنی است، زیرا از روش اظهار و بیان کولوم برای پتانسیل راضی نیست و مجبور است دنبال استثنایی بگردد. او تنها هنگامی راضی می‌شود که به گونه‌ای موفق به یافتن میزانی از احتمال شود که نیروی الکتریکی را به اندازه مشخصی از مقدار کولوم متفاوت می‌سازد.

دیدگاه معین‌گرها در تمام جزئیات برعکس نامعین‌گرهاست. آنها با قانون جاذبه الکتریکی کولوم متقاعد شده‌اند، زیرا این قانون کاملاً قطعی است، اما صرف نظر از دستگاه اندازه‌گیری که برای تولید و یا تجزیه موج به کار می‌رود، مقادیر توابع موج را فقط به صورت یک مقدار احتمالی قبول دارند؛ علاوه بر آن آنها در جستجوی قانون محص و اکیدی هستند که بر روابط بین ویژگی‌های توابع موج و وقایع، در اجسامی که علیت معکوس با موج دارند، حاکمیت داشته باشد. به همین منظور نامعین‌گر باید تمام این اجسام، همچنین توابع موج را مطالعه کند. او باید تمام دستگاه‌های آزمایشی را که برای تولید امواج مادی به کار رفته‌اند، مانند باطری‌های قوی، سیم‌های داغ و مواد رادیواکتیو، بلکه دستگاه‌های اندازه‌گیری، مانند صفحه فیلم، محفظه یونیزاسیون و شمارنده گایگر و تمام وقایعی که در آن لحظه روی می‌دهد، به تصویر دنیای فیزیکی خود انتقال دهد، همچنین باید تمام این اشیاء را به عنوان یک زمینه واحد و



جامع در نظر بگیرد و آنها را بررسی نماید.

البته بدین ترتیب مشکل حل نمی‌شود و بر خلاف تصور، مسئله برای لحظه‌ای پیچیده‌تر هم می‌شود. نه تنها اجازه نداریم که ساختاری را به قسمت‌های کوچک‌تر تقسیم نماییم بلکه حتی تداخل خارجی هم به قیمت از بین رفتن وحدت آن مجاز نیست. بنابراین بررسی مستقیم آن کاملاً غیر ممکن است. از طرف دیگر، ما در موقعیتی قرار داریم که می‌توانیم در خصوص رویدادهای داخلی فرض‌های جدیدی بکنیم و در نتیجه پیامدهای آن را امتحان کنیم. آینده نشان خواهد داد که آیا پیشرفتی در این زمینه امکان‌پذیر خواهد بود یا نه؟ و در حال حاضر ما به وضوح نمی‌توانیم تشخیص دهیم که پیشرفت احتمالی در چه جهتی صورت می‌پذیرد. هر چند، شاید این نکته مسجل شود که کوانتوم پلانک یک حد عینی ارائه می‌کند که هیچ دستگاه اندازه‌گیری فیزیکی که در اختیار ماست نتواند از آن حد تجاوز کند. بنابراین ما برای همیشه از فهم کامل علیت اکثر فرآیندهای ظریف فیزیکی، آن‌طور که هستند، جدا از مبدأ و اثرات آنها، برای همیشه محروم خواهیم ماند.

به نظر می‌رسد به انتهای بحثمان رسیده باشیم که طی آن فهمیدیم نحوه نگرش علیت محض به امور علی همان‌طور که در بالا تعریف و شرح شد، کاملاً با فیزیک مدرن سازگار است هر چند ضرورت آن را نمی‌توان به صورت استقرایی (از علت به معلول پی بردن) نشان داد. با وجود این، مجدداً ایرادی حساب شده‌ای مطرح می‌شود تا موجب عدم نارضایتی علیت‌باوران از تفسیر و برداشتی شود که در اینجا از علیت ارائه گردید.

در واقع این ایراد بیشتر مورد پسند معین‌گرها قرار می‌گیرد تا اشخاص دیگر، اگر چه بایستی ما موفق شویم تا مفهوم علیت را بر اساس خطوطی

بسط دهیم که در اینجا تشریح گردید، ولی همیشه به دلیل یک نقص اساسی و مهم محروم خواهد ماند. ما موفق شدیم با جایگزین نمودن تصویر دنیای فیزیکی با دنیای بلاواسطه حواس، دیدگاه علیتی نسبت به جهان ارائه نماییم. تصویر دنیا از ناحیه تخیلات ما است و موقتی و قابل تغییر است که از روی اضطرار انجام می‌گیرد و از نظر فیزیکی ارزش چندانی ندارد. حال، سؤالی که مطرح می‌شود این است که آیا امکان دارد که ما مفهوم علیت را با مستقل ساختن آن از تعریف مصنوعی انسان، با اهمیت‌تر و عمیق‌تر نشان دهیم؟ این در صورتی امکان‌پذیر است که آن را نه به تصویر دنیای فیزیکی، بلکه به تجربیات دنیای حواس اعمال کنیم. البته لازم است نظر اولیه خود را حفظ کنیم، یعنی این نظر را که، یک رویداد وقتی به طور علی قابل تعیین است که بتوانیم آن را به طور دقیق پیش‌بینی کنیم. در غیر این صورت شاید مجبور شویم از اصل خود مبنی بر این که فقط باید از تجربه واقعی آغاز کنیم دست بکشیم. در عین حال مجبوریم که دومین دیدگاه را قبول کنیم و آن اینکه هیچ رویدادی هرگز امکان پیش‌بینی شدن ندارد. در نتیجه معلوم می‌شود برای اینکه علیت در طبیعت را حفظ کنیم، دیدگاه اول باید تا اندازه‌ای تعدیل شود. تاکنون همه چیز بدون تغییر باقی مانده است. اکنون این امکان پیش می‌آید که تغییری متفاوت و تا حدودی خلاف آنچه تاکنون بوده است، داشته باشیم.

چیزی که در بالا آن را اصلاح کردیم موضوع پیش‌بینی (شیء) بود یعنی خود رویداد. اما کاری که اینجا انجام دادیم این بود که به جای اینکه وقایع یا رویداد را فوراً به دنیای حواس ببریم آن را به تصویر دنیای ساختگی ارجاع دادیم، دنیایی که توسط آن موفق شدیم معین‌گری وقایع را به طور دقیق تعیین نماییم. حال، به طور مساوی این امکان وجود دارد که موضوع پیش‌بینی را تغییر دهیم، یعنی نیروی خرد پیش‌بینی کردن

رویدادها. هر پیش‌بینی مستلزم پیش‌بینی‌کننده است. برای بحث بعدی پیشنهاد می‌کنم روی موضوع پیش‌بینی و رویداد مورد نظر دنیای حواس مستقیماً و بدون واسطه در حکم یک شیء تمرکز کنیم. به هیچ وجه تصویر مصنوعی دنیا معرفی نخواهد شد.

به راحتی می‌توان دید که دقت پیش‌بینی، بستگی به فرد پیش‌بینی‌کننده دارد. برگردیم به پیش‌گویی وضع هوا. خیلی تفاوت است بین پیش‌گویی وضع هوای روز بعد، توسط شخصی که راجع به فشار جو، جهت باد، رطوبت و دمای هوا چیزی نمی‌داند با کشاورز با تجربه‌ای که از همه اینها آگاهی دارد و به علاوه تجربیات زیادی کسب کرده است و یا نهایتاً توسط متخصص هواشناس که در این زمینه دوره دیده و علاوه بر اطلاعات محلی، از تمام نقشه‌های آب و هوایی دنیا اطلاعات دقیق دارد. پیش‌گویی‌های این افراد، نشان می‌دهد که میزان بی‌دقتی به ترتیب کاهش می‌یابد و از آنجا که این گفته صحت دارد، ترغیب می‌شویم چنین استنباط کنیم که هوش ایده‌آلی وجود دارد که آگاهی کامل از وقایع فیزیکی امروزه در همه مکان‌ها دارد و در موقعیتی است که قادر است وضع هوای روزهای بعد را با دقت بالایی پیش‌گویی کند. این امر برای تمام رویدادهای فیزیکی مصداق دارد.

چنین فرضی، یعنی حدس و گمان ورای مقادیر شناخته شده و حکم عام دادن امری است که فرآیندهای منطقی نه می‌توانند آن را ثابت و نه رد کنند. در نتیجه تنها می‌توان بر اساس ارزش آن قضاوت نمود و نه طبق حقیقت آن. از این دیدگاه ظاهراً غیرممکن بودن پیش‌گویی رویدادی با دقت کامل در هر لحظه، چه از نظر فیزیک کلاسیک و چه کوانتوم، نتیجه طبیعی این حقیقت است که انسان با حواس خود و دستگاه‌های اندازه‌گیریش بخشی از طبیعت بوده که هر دو مقید قوانین آن هستند،

گرچه هوش و خردآرمانی چنین قیدی ندارد.

شاید گفته شود که این هوش و خرد ایده‌آل زائیده و حاصل افکار ما است و اینکه مغز فکرکننده متشکل از اتم‌هایی است که از قوانین فیزیکی تبعیت می‌کند. این اعتراض چندان نیاز به تأمل و تحقیق ندارد، چرا که یقیناً افکار ما به راحتی می‌تواند ما را به ماورای هر قانون طبیعی شناخته شده ببرد و همچنین قادر به ایجاد ارتباط بین وقایعی است که بسیار فراتر از وقایع فیزیکی هستند. ممکن است ادعا شود که این هوش آرمانی فقط در مغز انسان‌ها وجود دارد و یا در صورت عدم وجود مغز انسان، این هوش هم ناپدید می‌شود، پس برای اینکه نامتناقض بناقی بمانیم باید همچنین ادعا شود که خورشید و در واقع تمام دنیای خارجی فقط در حواس ما وجود دارند، چرا که اینها فقط منابع شناخت و درک علمی هستند، اما هر فرد عاقلی متقاعد شده است که نور خورشید کم نمی‌شود، حتی اگر تمام نوع بشر هم از بین بروند.

بنابراین باید خیلی مواظب باشیم تا روح و عقل آرمانی را هم‌ردیف خودمان قرار ندهیم، ما هیچ حقی نداریم بپرسیم که چگونه و از کجا این روح آرمانی آگاهی خود را کسب کرده که او را قادر به پیش‌گویی دقیق آینده تمام وقایع می‌کند. چرا که ممکن است هرگونه کنجکاوای ما را با این پاسخ روبه‌رو کند که «تو روح را به چیزی که می‌توانی درک کنی تشبیه نمودی ولی مرا به آنچه هستم تشبیه نکردی». اگر جوینده قرار است با وجود این پاسخ باز هم لجاجت کند و اصرار ورزد که تصور یک روح آرمانی، اگر هم غیر منطقی نباشد، به هر صورت فاقد ارزش و زاید است، در آن صورت ما باید منصفانه بگوییم که یک قضیه و موضوع صرفاً به دلیل نداشتن پایه منطقی فاقد هر نوع ارزش علمی نیست و در واقع این چنین تبیین تنگ‌نظرانه، چشمه‌ای را که فیزیک‌دانان بزرگی همچون

گالیله، کپلر و نیوتن از آن الهام‌های علمی خود را می‌گرفتند، مسدود می‌سازد. این مردان آگاهانه یا ناآگاهانه از روی ایمان خود را وقف علم کردند و ایمان تزلزل‌ناپذیر داشتند.

در عین حال پذیرفتن یک عقیده اجباری نیست؛ ما نمی‌توانیم به انسان‌ها دستور بدهیم که حقیقت را ببینند و یا جلوی آنها را از افراط در خطاها بگیریم. با این حال، این حقیقت ساده، که ما را قادر ساخته حتی به میزان کمی وقایع طبیعی آینده را تحت کنترل عملکردهای هوشی خودمان درآوریم و آنها را طبق اراده خود هدایت کنیم، به عنوان یک رمز نامفهوم باقی می‌ماند، اگر چنانچه عقل و هوش به ما اجازه دریافت هیچ نوع اخطار یا گوشزدی در مورد هماهنگی بین دنیای خارج و روح انسان نمی‌داد. منطقیاً حد و مرزی که ما برای قلمرو این هماهنگی قائلیم از اهمیت ثانوی برخوردار است. بیشترین هماهنگی کامل و در نتیجه اکیدترین علیت در هر مورد، زمانی به اوج کمال خود می‌رسد که فرض نماییم که یک روح آرمانی وجود دارد که از عملکرد نیروهای طبیعی، رویدادهای عقلانی زندگی انسان، دانش و اطلاع تمام و مطلق دارد، دانشی که جزئیات را در بر گرفته و شامل حال و آینده و گذشته می‌شود. شاید پرسیده شود که بر اساس این فرض چه به سر اراده آزاد انسان می‌آید؟ و ممکن است شک کنیم که توسط وجود این روح آرمانی، انسان صرفاً نقش دستگاه خودکاری را ایفا می‌کند که از خارج کنترل و هدایت می‌شود. البته که این سؤال طبیعی است و من تاکنون چندین فرصت پیدا کرده‌ام که به این مسئله بپردازم، اما از آنجا که این مسئله بسیار مهم و حیاتی است اینک اجازه نمی‌دهم که این فرصت به دست آمده بدون بحث مختصری درباره آن از دست برود. به عقیده من، کوچک‌ترین تناقض و تضادی بین تسلط علیت محض، آن گونه که اینجا مورد نظر

است و اراده آزاد وجود ندارد. واقعیت این است که اصل علیت از یک طرف و اراده آزاد از طرف دیگر، دو موضوع کاملاً متفاوت هستند. همان طور که قبلاً دیدیم اگر قرار باشد که علیت محض در تمام رویدادهای طبیعی تأیید گردد باید وجود یک روح آرمانی و واقف به همه چیز را فرض کنیم. از طرف دیگر، اراده آزاد مسئله‌ای است که به هشیاری هر فرد مربوط می‌شود که چگونه به رویدادها پاسخ دهد، و تنها می‌تواند توسط ضمیر آن فرد تعیین گردد. تصور اراده آزاد انسان فقط وقتی معنا می‌دهد که هر فرد احساس کند که آزاد است ولی آیا او این طور احساس می‌کند یا نه؟ تنها خود او می‌تواند درک کند. این وضعیت کاملاً با این حقیقت، که انگیزه‌های شخص با تمام جزئیات توسط روح آرمانی دریافت می‌شود، سازگار است. این احساس که چنین وضعیتی برای شأن و منزلت اخلاقی فرد خفت‌بار است، چیزی به غیر از فراموش کاری و بی‌توجهی به تفاوت فاحش بین روح آرمانی و هوش فرد را نشان نمی‌دهد.

این طور به نظر می‌رسد که مؤثرترین راه برای اثبات اراده هر فرد مستقل از قانون علیت این باشد که سعی شود از قبل، انگیزه‌ها و اعمال خود شخص، صرفاً بر اساس قانون علیت تعیین گردد، یعنی یک روش شدید درون‌گرایی. چنین تلاشی پیشاپیش قطعاً محکوم به شکست است، چرا که هر کاربرد قانون علیت برای اراده شخصی و یا هر اطلاعات دیگری که از این طریق به دست می‌آید، خود انگیزه‌ای است که بر اساس اراده عمل می‌کند و بنابراین نتیجه‌ای که به دنبالش هستیم پیوسته در حال تغییر خواهد بود. در نتیجه کاملاً اشتباه است که غیرممکن بودن پیش‌گویی اعمال شخصی بر اساس تفکر علی‌را، به فقدان آگاهی نسبت دهیم و امیدوار باشیم روزی با افزایش هوش انسان بر این فقدان غلبه خواهیم

کرد.

این چنین تداخلی قابل قیاس با فرآیندی است که در تشریح غیرممکن بودن تعیین همزمان مکان و سرعت الکترون به کار بردیم. عدم توانایی در پیش‌گویی بر اساس تفکر سببی تنها به علت فقدان دانش نیست بلکه به خاطر این واقعیت ساده است که هیچ روش مناسبی برای مطالعه موضوع وجود ندارد که باعث تغییر آن نگردد.

در نتیجه انسان خردمند هرگز برخلاف اصل علیت حرکت نمی‌کند تا آزادی اراده خود را ثابت کند. برای این منظور او باید به قانونی کاملاً متفاوت رجوع کند، مانند قانون اخلاق که بر اصل متفاوتی پایه‌گذاری شده است و نمی‌تواند صرفاً توسط روش‌های علمی درک و فهم شود.

اندیشه و تفکر علمی همیشه نیاز به یک فاصله و جدایی مشخصی بین موضوع یا علت و شیء مورد مطالعه دارد و این فاصله به بهترین وجه با فرض یک روح ایده‌آل تضمین می‌گردد. و چنین روحی فقط می‌تواند یک علت باشد و نه عین.

شاید گفته شود اگر ما نتوانیم روح آرمانی را به عنوان موضوع، هدف اندیشه خود قرار دهیم و از این کار جلوگیری شود، موجب نوعی نفی نارضایت بخش خواهد شد. همچنین ممکن است اضافه شود که برای یک علیت‌گرایی تمام‌عیار، این بهای زیادی برای پرداختن است. اما با این حال، به گرانی قیمتی نیست که ناباوران به اصل علیت باید برای حمل باورهای خود در جهان پردازند. این متفکرین مجبورند خیلی زودتر از اینها حد و آستانه‌ای میل به دست آوردن آگاهی قائل شوند، چراکه این افراد هرگونه تلاش برای وضع قوانین برای تک موارد را نفی و سرزنش می‌کنند. نوعی تسلیم‌کناره‌گیری که آن قدر تعجب‌انگیز است که یک شخص از خود می‌پرسد، چه شده است که تعداد زیادی از فیزیک

دانان وفاداری خود را به تز نامعین‌گری اعلام نموده‌اند. این مسئله چنانچه اشتباه نکرده باشم، یک علت روان‌شناختی دارد. هر بار یک نظر جدید و با اهمیت در علوم مطرح می‌شود، در هر جهتی آزمایش می‌شود و اگر با ارزش تلقی گردید، سعی می‌شود، تا آن را پایه‌ی یک سیستم عقلانی، حداقل امکان‌قابل درک و جامع، قرار دهند. تئوری نسبیّت دچار این چنین سرنوشتی گردید و در حال حاضر تئوری کوانتوم در این شرایط به سر می‌برد. در مرحله‌ی فعلی آنها، فیزیک کوانتوم، در نظریه‌ی توابع موج به اوج خود رسید و به همین دلیل تمایلی وجود دارد تا یک اهمیت قطعی به توابع موج اختصاص داده شود. اکنون که تابع موج خود بیش از یک مقدار احتمالی نیست، لذا متعاقباً همت‌ها در این جهت مصروف می‌شود که تحقیق برای این احتمالات را یک وظیفه‌ی مهم‌تر و غایی قلمداد کنند. در این راه، مفهوم احتمالات، اساس غایی تمام فیزیک را تشکیل می‌دهد.

بعید می‌دانم در آینده باز هم این روش تبیین سؤال قانع‌کننده باشد. حتی در حیطه‌ی عقلانی که قوانین آن احتمالات را بسیار بیشتر و فراتر از حد قوانین فیزیک شرح می‌دهد، هیچ رویداد منفردی کاملاً به لحاظ علمی توضیح داده نمی‌شود مگر نوری بر روی مبدأ علیتی آن تابانده شود. این احتمال بسیار ضعیف است که در آینده امکان داشته باشد، که مسئله تداوم علیت را در حیطه‌ی علوم طبیعی حذف نماییم.

البته به طور منطقی این درست است که قانون علیت را نه می‌توان ثابت و نه تکذیب کرد، یعنی این قانون نه صحیح است و نه اشتباه. این یک اصل اکتشافی است که راه را به ما نشان می‌دهد و به عقیده‌ی من با ارزش‌ترین نشانه‌ای است که ما می‌توانیم داشته باشیم تا راه خود را در میان وقایع گیج‌کننده پیدا کنیم و برای اینکه بدانیم در چه جهتی تحقیقات علمی باید ادامه پیدا کند تا به نتایج مفیدی برسیم. این قانون علیت است

بلال  
علی



که به روح بیدار یک بچه پنجه انداخته و او را مجبور می‌سازد که مرتب پرسد «چرا؟» دانشمند را در طول جریان زندگی اش همراهی کرده و پیوسته مسائل جدید را بر سر راه او می‌گذارد. علم به معنای استراحت بیهوده بر روی پیکرهٔ مشتئی از دانش و معرفت نیست بلکه به معنی سعی و تلاش بی‌وقفه و پیشرفت دائم به سمت هدفی است که شاید ضمیر شاعرانه انسان آن را درک کند ولی هوش و عقل هرگز آن را به طور کامل نفهمد.

## اندیشه‌های علمی: ریشه‌ها و اثرات آنها

بد نیست اگر با توضیحی مختصر در باره مقاله فعلی، سخن را آغاز کنیم. ریشه‌ها و اثرات نظریات علمی ممکن است تا حدودی کلی به نظر برسد و نیز آهنگی خودبینانه داشته باشد. حتی ممکن است پیشنهاد شود که بهتر می‌بود که من خود را به نظریات علوم طبیعی محدود می‌ساختم، اما در آن صورت، نظرات ارائه شده طوری محدود می‌شدند که دیگر من آنها را غیرضروری و غیرطبیعی تلقی می‌کردم. اگر درست نگاه کنیم، می‌بینیم که علم واحدی است که به شاخه‌های متعدد تقسیم‌بندی شده است، اما این تقسیم‌بندی هیچ پایه و اساس طبیعی ندارد و صرفاً به دلیل محدودیت‌های ذهن انسان است که مجبور هستیم زحمت یک نوع تقسیم‌بندی را تحمل کنیم. در حقیقت زنجیر پیوسته‌ای از فیزیک و شیمی به زیست‌شناسی و انسان‌شناسی و از آنجا به علوم اجتماعی و عقلانی وجود دارد، زنجیری که هیچ قسمتی از آن نمی‌تواند بوالهوسانه قطع گردد. با بررسی دوباره و دقیق، مشاهده می‌کنیم، روش‌های مورد استفاده در شاخه‌های گوناگون علوم، یک تشابه قوی درونی دارند و اگر متفاوت به نظر می‌رسند، تنها به دلیل این است که برای موضوعات مختلف به کار گرفته شده‌اند. اخیراً، این تشابه درونی به دلیل پیشرفت‌های علمی خیلی بیشتر آشکار شده است که نتایج زیادی برای کلیت علم دانسته است.

بیشتر آشکار شده است که نتایج زیادی برای کلیت علم دانسته است. بنابراین من به خود این حق را می‌دهم که با موضوعاتی مربوط به کل علم آغاز نمایم، هر چند وقتی به کاربردهای خاص پرداختم، خود را بیشتر به موضوعات رشته خود محدود خواهم کرد.

اجازه بدهید با این سؤال که چگونه یک اندیشه علمی به وجود می‌آید و خصوصیات آن چیست، شروع کنیم. البته در پرسیدن این گونه سؤالات من قصد ندارم فرآیندهای ظریف فکری را که در مغز محقق نقش می‌بندند، تجزیه و تحلیل کنم چه رسد به چیزی که در ضمیر نیمه آگاهانه او می‌گذرد. این فرآیندها اسرارآمیز هستند و اگر اصولاً هم آشکار شوند تنها تا حد خاصی آشکار خواهند شد و به همان نسبت احمقانه و سنسجیده است اگر سعی شود تا ماهیت ذاتی آنها را مطالعه کنیم. حداکثر کاری که ما می‌توانیم انجام دهیم این است که با حقایق کاملاً بدیهی شروع کنیم و این بدان معناست که ما آن دسته از نظراتی را که در واقع نیروی تأثیرگذار آنان بر تمامی شاخه‌های علم ثابت شده، بررسی نماییم. این امر بدین معناست که پیرسیم در ابتدا علوم به چه شکلی آغاز شدند و محتوایشان در آن زمان چه بود؟

اولین نتیجه این بررسی کشف این قاعده است: [هر فکر علمی که در ذهن پژوهنده\* شکل می‌گیرد بر اساس یک تجربه مسلّم، یک کشف، یک مشاهده‌گری و یا نوعی حقیقت است:] چه از نوع اندازه‌گیری فیزیکی و چه نجوم شناسی، یک مشاهده شیمیایی یا زیست شناسی، کشفی در میان مدارک بایگانی شده و یا حتی حفاری و استخراج برخی از یادگارهای ارزشمند تمدن اولیه. [محتوای فکری که در این تجربه وجود

دارد، با تجربیات گوناگون و خاص دیگری که در ذهن پژوهنده وجود دارد قیاس شده و تلاقی می‌کند و به عبارت دیگر، ارتباط بین دانسته‌های قبلی و جدید پایه‌گذاری می‌شود. بنابراین تعدادی از حقایق که تاکنون ارتباط چندان محکمی نداشتند اکنون بدون تردید دارای ارتباط درونی شده‌اند. این فکر در صورتی مفید واقع می‌شود و در نتیجه می‌تواند واجد ارزشی برای علم باشد که آن ارتباط درونی که بنا شده، بیشتر در مورد واقعیت‌های هم ریشه و نزدیک به هم به کار رود، چرا که وجود ارتباط درونی، نظم ایجاد می‌کند، نظم ساده می‌کند و نگرش علمی به جهان را کامل می‌سازد. اما چیزی که بیش از هر چیز اهمیت دارد، این است که اعمال نظر جدید در کلیت خود، منجر به سؤالات جدیدی خواهد شد که در نتیجه به مطالعات و موفقیت‌های جدید ختم می‌شود و اهمیت این موضوع برای فرضیات فیزیک‌دانان کمتر از تفسیرهای ارائه شده توسط زبان‌شناسان نیست.

حال من پیشنهاد می‌کنم جزئیات نکته فوق را بیشتر بررسی کنیم و در عین حال علاقمندم خود را به فیزیک که با آن سروکار دارم محدود سازم. شاید به ظاهر تا حدودی زاویه دید محدود به نظر رسد، ولی از طرف دیگر، می‌توانم این موضوع را روشن‌تر بیان کنم.

یک مثال کلاسیکی، تشکیل ناگهانی یک نظر و فکر علمی مهم در داستان اسحاق نیوتن<sup>(۱)</sup> است، او زیر درخت سیبی نشسته بود و با افتادن یک سیب به فکر حرکت ماه به دور زمین و در نتیجه ارتباط شتاب سیب با ماه افتاد. این حقیقت که نسبت این دو شتاب به هم، مانند مجذور شعاع مدار ماه نسبت به مجذور شعاع زمین است، این فکر را به ذهن او خطور

نظریه جاذبه پایه ریزی شد.

به همین ترتیب، جیمز کلارک ماکسول<sup>(۱)</sup> هنگام مقایسه شدت جریان به روش الکترومغناطیسی با شدت جریانی که به روش الکترواستاتیکی انجام می‌گیرد، متوجه شد که نسبت بین این دو مقدار برابر با سرعت نور به صورت عددی است. در نتیجه، این نظریه که امواج الکترومغناطیس، در واقع از همان ماهیت امواج نور است، در ذهن او شکل گرفت و این فکر نقطه شروعی برای نظریه الکترومغناطیس نور او شد.

بنابراین متوجه شدیم که مشخصه بارز هر فکر جدیدی که در علم مطرح می‌شود این است که به نحوی مشخص و اصولی دو گروه از حقایق را به هم مرتبط سازد و این در مورد هر مثالی مصداق دارد، هر چند تفاوت‌های مشخصی نیز در رابطه با محتوا و تکوین آن به چشم می‌خورد. این تفاوت‌ها، به نوبه خود سبب ایجاد اختلاف‌هایی در پیامدها و نیز در سرنوشت نظریه‌های گوناگون علمی می‌شوند. برخی از آنها نهایتاً جزء ویژگی‌های عمومی و بدیهی علم محسوب می‌شوند و دیگر روی آنان مجادله و پافشاری نمی‌شود. چنین چیزی دقیقاً سرنوشت دو نظریه فوق‌الذکر بود: نظریه نیوتن در باره شباهت بین شتاب ماه و شتاب جاذبه در روی زمین و نظریه ماکسول در باره ماهیت الکترومغناطیس نور. درست است که زمان زیادی طول کشید تا نظریه ماکسول پذیرفته شود، در ابتدا و به خصوص در آلمان هنگامی که نظریه ویلهلم وبر<sup>(۲)</sup> که بر اساس کنش بلاواسطه مطرح بود، به نظر ماکسول توجهی نشد. این وضعیت همچنان ادامه داشت تا اینکه هنریش هرتز<sup>(۳)</sup>، آزمایش بی‌ظنیر خود را با نوسانات بسیار سریع الکتریک انجام داد و نظریه ماکسول، آن قدردانی و شهرتی که

1- James Clerk Maxwell

2- Wilhelm weber

3- Heinrich Hertz

شایستگی‌اش را داشت به دست آورد.

نظریه‌های دیگری که وارثین ابدی علم شدند این بودند که امواج صوت دارای ماهیت مکانیکی هستند و پرتوهای نور و گرما ماهیت یکسان دارند. معلمان فیزیک تمایل دارند که با این مسائل خیلی سریع و گذرا برخورد کنند. بایستی به آنها یادآوری شود که زمانی این نظریه‌ها دور از جایگاه اصلی خود بودند. در واقع، نظریه شباهت ماهیت نور و گرما برای سال‌ها مورد جدال و مباحثه شدید قرار گرفته بود. شاید بتوان با شگفتی گفت که موفقیت ماسیدونیو ملونی<sup>(۱)</sup> ایتالیایی از زمانی آغاز شد که خود یکی از مخالفان نتایج آزمایش‌های خود شد گفت، دانشمندی که آزمایش‌هایش بیشترین تأثیر را در موفقیتش داشت، ماسیدونیو ملونی ایتالیایی، زمانی آغاز شد که خود یکی از مخالفان آن گشت. این از بهترین مثال‌های آموزنده‌ای است که نشان می‌دهد ارزش‌های علمی مستقل از تفسیرهای نظری است.

اما نظریه‌هایی که بیشترین نقش را در علم ایفا می‌کنند با آنهایی که ذکر شدند متفاوت هستند. مثال‌های پیشین از همان ابتدای شکل‌گیری خود کامل بودند و برای همیشه نیز اعتبار خود را حفظ خواهند کرد. برخی دیگر شکل نهایی خود را به طور تدریجی کسب می‌کنند، ارزش خود را برای مدتی حفظ کرده و سپس یا از بین می‌روند و یا کم و بیش تا حدود قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌یابند. بارها مشاهده شده که این نظریات در مقابل این اصلاحات مقاومت نموده و به نظر می‌رسد که این مقاومت تمایل به لجاجت داشته و متناسب با موفقیت‌های پیشین این نظریات باشد. گاه پیش آمده است که این مقاومت به طور معقولانه‌ای مانع

باشد. گاه پیش آمده است که این مقاومت به طور معقولانه‌ای مانع پیشرفت علم شده است. فیزیک نمونه‌های آموزنده‌ای دارد که شاید جزئیاتش ارزش بحث را داشته باشد و من پیشنهاد می‌کنم که با ماهیت گرما آغاز کنیم.

اولین مرحله توسعه نظریه گرما، با گرماسنجی آغاز شد. نظریه گرما بر اساس این فرض پی‌ریزی شده بود که وقتی دو جسم با دماهای مختلف در تماس باشند، گرما، مانند ماده حساس عمل می‌کند که از محل گرم‌تر به محل سردتر جریان می‌یابد. هیچ نوع تغییر کمی در جریان این فرآیند فرض نشده بود. این فرضیه تا زمانی که هیچ گونه مفهوم مکانیکی مطرح نشده بود معتبر بود. مشکلی در تولید گرما از طریق اصطکاک و یا تراکم وجود داشت و به نظر می‌رسید که این مشکل قابل حل باشد با فرض اینکه ظرفیت اجسام برای گرما متغیر است و در نتیجه گرما می‌تواند از جسم تحت فشار خارج شود، مانند آبی که از اسفنج خیس بیرون می‌آید، که در حین فرآیند، میزان آب بدون تغییر باقی می‌ماند. بعدها، اختراع سیستم‌های قدرت گرمایی، پرسش درباره قوانین حاکم بر تولید کار مکانیکی از گرما را مطرح و ضروری ساخت. سادی کارنو سعی کرد تا تولید کار از گرما را در قیاس با تولید کار از جاذبه تبیین کند. همان طور که افتادن وزنه‌ای از ارتفاع بالاتر موجب انجام کار می‌شود، انتقال دمای بالاتر به دمای پایین‌تر نیز می‌تواند به منظور مشابه به کار رود. همچنین همان طور که کار حاصل از جاذبه با وزن و اختلاف ارتفاع تغییر می‌کند، به همان ترتیب نیز، کار حاصل از گرما با مقدار گرمای انتقال یافته و اختلاف دما تغییر می‌نماید.

به این نظریه مادی گرما از طرف این حقیقت تجربی که ظرفیت گرمایی اجسام عملاً از اصطکاک و یا تراکم تأثیر نمی‌پذیرد، ضربه‌ای وارد شد و

نهایتاً این نظریه، با کشف معادل گرمای مکانیکی رد شد. اهمیت این کشف در این حقیقت است که گرما به صورت اصطکاک هدر رفته و گرمای جدیدی در اثر تراکم تولید می‌شود. بنابراین ارزش نظریه‌های قدیمی‌تر در باره گرما به شکل فاحشی کاهش یافت و لازم شد تا نظریه جدیدی ساخته و ارائه گردد. این کار توسط رادولف کلاسیوس انجام شد و بسیاری از کارهای کلاسیک را به ثمر رساند، از جمله موجب وضع اصل دوم ترمودینامیک گردید. پیش فرض این اصل عبارت است از اینکه فرآیندهای برگشت ناپذیری وجود دارند، یعنی فرآیندهایی که به هیچ طریقی از هیچ راهی قابل برگشت نیستند. رسانایی گرما، اصطکاک و پخش شدگی در زمره این فرآیندها می‌باشند.

(نظریه کارنو بر اساس قیاس گذار از دمای بالاتر به پایین‌تر به افتادن وزنه‌ای از ارتفاع بالاتر به پایین، چندان به آسانی قابل رد کردن نبود. برخی از فیزیک‌دانان معتقد بودند که نظریه کلاسیوس به شکل غیر ضروری پیچیده و مبهم است و به ویژه به نظریه برگشت ناپذیری او اعتراض داشتند چرا که در میان شکل‌های مختلف انرژی جایگاه خاصی به گرما اختصاص داده بود. متعاقباً، آنها نظریه «انرژی<sup>بالبرق</sup>یک» را در مخالفت با نظریه ترمودینامیک کلاسیوس ارائه کردند. اولین اصل این نظریه با نظریه کلاسیوس در بیان بقای انرژی موافق بود، اما در مورد اصل دوم که در واقع نشانگر جهت رویدادهاست، تشبیه گذار دما از بالا به پایین و افتادن وزنه از ارتفاع بالاتر به پایین‌تر و یا حتی انتقال الکتریسته از پتانسیل بیشتر به کمتر را فرض مسلم می‌دانست. بنابراین برای اثبات اصل دوم، فرآیند برگشت ناپذیری غیر ضروری اعلام شد و همچنین وجود صفر مطلق انکار گردید و نشان داده شد که دما شبیه به همان تراز ارتفاع و یا تراز پتانسیل است که در آن فقط می‌توانیم تفاضل‌ها و نه مقادیر مطلق را اندازه



می خورد، قبل از اینکه بایستد از نقطه تعادل عبور می کند و یا یک جرقه بین دو هادی، که دارای بارهای مختلف هستند، نوسان می کند. در حالی که چیزی به نام نوسان گرما از میان دو جسم که گرما میانشان رد و بدل شود، وجود ندارد و توسط طرفداران مکتب انرژیکی گذشته آن را بی ربط تلقی کردند و بدون سروصدا این نظریه کنار گذاشته شد.

من خود در سال های ۸۰ و ۹۰ میلادی قرن گذشته تجربه کردم که واقعاً احساس یک دانشجو چیست هنگامی که خود را دارای اندیشه برتر می داند و در می یابد که تمام برهان ها و استدلال های عالی که توسط او ارائه شده اند، همگی صرفاً به علت نداشتن قدرت کافی برای جلب توجه دنیای علمی به فراموشی سپرده می شود. مردانی که دارای اعتبار و مرجعیتی همچون ویلهلم استوالد<sup>(۱)</sup>، جرج هلم<sup>(۲)</sup> و ارنست ماخ<sup>(۳)</sup> بودند، البته چنین مشکلی نداشتند.

مبدأ تغییر روی هم رفته از یک طرف کاملاً متفاوت آغاز شد: نظریه اتمی حضور خود را تثبیت کرد. [فکر وجود اتم بی نهایت قدیمی است اما ارائه مناسب آن در تئوری جنبشی گازها صورت گرفت که کمایش هم زمان با کشف معادل گرمای مکانیکی بود] نخست، هواداران نظریه انرژیکی، شدیداً مخالف این تئوری بودند، ولی بعدها در اواخر قرن، اعتبار آن تا حدودی پذیرفته شد و به هر حال تحقیقات تجربی بعدی موجب پیشرفت و موفقیت سریع این نظریه گردید. (طبق نظریه اتمی، انتقال گرما از جسم گرم تر به جسم سردتر شبیه افتادن وزنه نیست، بلکه بیشتر شبیه فرآیند ادغام دو نوع پودر مختلف در یک ظرف است که در ابتدا به صورت لایه های مجزا قرار می گیرند و سپس با پیوسته تکان دادن،

1- Wilhelm Ostwald  
3- Ernest Mach

2- Georg Helm

مخلوط می‌شوند. در این حالت، نمی‌توان گفت که پودر بین حالت کاملاً ادغام شده و کاملاً مجزا در نوسان است بلکه تغییر به صورت تدریجی و در جهت خاصی یعنی ادغام کامل انجام می‌گیرد و نهایتاً یک فرآیند برگشت ناپذیر حاصل می‌شود. از این دید، اصل دوم ترمودینامیک یک ماهیت آماری خواهد داشت، به گفته دیگر احتمالات را بیان می‌کند. استدلال‌هایی که این دیدگاه را اثبات می‌کنند و در واقع آن را به واری هرگونه شک و تردید می‌برند، به بهترین شکل توسط همکارم ماکس ون‌لو<sup>(۱)</sup> بیان شده است.

تحول تاریخی که اینجا تشریح گردید، شاید حقیقتی را نشان دهد که در نگاه اول بسیار عجیب باشد ولی بسیار کم اتفاق می‌افتد که یک نوآوری مهم علمی با تغییر تدریجی نظریه مخالفان، راه خود را پیش ببرد. و یا بهتر بگویم به ندرت اتفاق می‌افتد که شائول پائول شود. چیزی که در واقع روی می‌دهد از بین رفتن تدریجی نظریه مخالف و آشنا شدن نسل جدید و رو به رشد با افکار و نظرهای جدید است، و جنبه‌ای دیگر از این حقیقت که آینده متعلق به جوانان است. به همین دلیل یکی از مهم‌ترین شرایط پیشرفت علم است. از این رو من مایلیم که اینجا به طور خلاصه به این نکته پردازم.

چیزی که در مدرسه آموخته می‌شود به مهمی این که چگونه آن مطلب آموخته می‌شود، نیست. اگر یک مسئله ریاضی حقیقتاً توسط یک دانش پژوه فهمیده شود، ارزش آن بسیار بیشتر از آن است که ده تا فرمول حفظ کند و یا حتی بدون اینکه درکی از معنای آن داشته باشد فقط بداند که چگونه آنها را به کار گیرد. وظیفه اصلی یک مدرسه بیشتر باید بر

که چگونه آنها را به کار گیرد. وظیفه اصلی یک مدرسه بیشتر باید بر آموختن اندیشه منطقی و مرتب استوار باشد تا بر آموزش تجارت مآبانه. شاید اعتراض شود که نهایتاً قابلیت انجام کارها اهمیت بیشتری نسبت به کسب آگاهی دارد. کسب آگاهی بدون داشتن قابلیت انجام کار بی ارزش است، همان گونه که یک نظریه نهایتاً فقط با ارائه دلایل برای کاربردی بودنش ارزشمند است. اما یک روش عادی و تکراری هرگز جایگزین یک نظریه نمی شود و در صورت تخطی از قوانین فاقد ارزش می گردد.

بنابراین، چنانچه قرار است کار به نحو احسن انجام گیرد، شرط اول آن تعلیم و آموزش مقدماتی کامل است و چیزی که اینجا بیشتر حائز اهمیت است، روش برخورد با مسائل است تا حجم حقایقی که آموخته می شود. اگر این روش در مدرسه به طرز شایسته ای آموخته نشود، یادگیری آن در مراحل بعدی قطعاً مشکل تر خواهد بود، زیرا کالج ها و دانشگاه ها وظایف دیگری به عهده دارند. برای مراکز آموزش دیگر، مهم ترین و بالاترین هدف از تحصیل نه کسب آگاهی است و نه توانایی انجام دادن کارها، بلکه کار عملی است. حال، هیچ کار عملی هم بدون داشتن توانایی انجام آن پیش نمی رود و این به نوبه خود یعنی نیاز به دانش و درک. عصر حاضر که سرعت زندگی در آن بسیار زیاد است کسانی علاقه مندند قبل از رسیدن شدن و کمال یک تئوری، نتایج هیجان انگیز آن را پیش بینی کنند و مردم نیز مایلند که مشکلات تحقیقات علمی در سرفصل درس های دبیرستانی گنجانده شود. ولی چنین کاری بسیار خطرناک است. مسائل به طور کامل بررسی نمی شوند و در نتیجه به راحتی می تواند موجب اغوا و یک نوع هوشیاری سطحی و غرور توخالی علمی در اشخاص گردد. من شخصاً پرداختن به نظریه نسبیت و کوانتوم را در دوره دبیرستان بسیار خطرناک قلمداد می کنم. دانشجویان تیزهوش و با استعداد همیشه نیاز به رفتار و

برخورد استثنایی دارند، اما برنامه آموزشی برای چنین چیزی طراحی نشده است. موضوعاتی مانند اعتبار جهانی اصل بقای انرژی، امروزه یک موضوع خاتمه نیافته و مورد مناقشات جدی در فیزیک هسته‌ای است. من واقعاً هر گونه تلاشی را شدیداً محکوم می‌نمایم که بخواهد سؤالاتی در زمینه چنین موضوعاتی را مورد بحث و بررسی دانش‌آموزانی قرار دهد که هنوز درک صحیحی از آن و اصول مربوط به آن ندارند، چه رسد به حوزه‌های بالقوه آن.

عواقب این طور به روز تدریس کردن، همگام با تحولات دقیقه‌ای، هنگامی بر ما کاملاً آشکار می‌شود که از وجود بحث‌هایی مطلع شویم که درباره از کار افتادگی علوم دقیق صحبت می‌کنند. این مشخصه، ابهام متداول است که همیشه افرادی افکار مبتکرانه خودشان را امروز در زمینه‌هایی مشغول می‌کنند که هدف اصلی آنان تولید نامحدود انرژی و یا مهار کردن پرتوهای اسرارآمیز زمین است. از این تعجب انگیزتر این که، افرادی ساده لوح سرمایه‌هنگفتی را برای این امر در اختیار چنین مخترعینی قرار می‌دهند و این در حالی است که پیشرفت تحقیقات علمی امیدوارکننده و ارزشمند، به دلیل فقدان وسایل مورد نیاز، با دشواری روبه روست و یا کاملاً متوقف می‌شود. شاید در اینجا وجود آموزش کامل در مدرسه بتواند چاره کار باشد که البته ضرورت چنین آموزشی برای حامیان و پشتیبانان مخترعین، از خود مخترعین، کمتر نیست.

بعد از این همه حاشیه رفتن‌ها در زمینه آموزش، مایلم یک نظریه فیزیکی را مورد بحث و بررسی قرار دهم که سرنوشت متغیرش بسیار آموزنده‌تر از تغییرات حادث شده در نظریه گرماست، و آن نظریه ماهیت نور است.

مطالعه طبیعت نور با اندازه‌گیری‌های سرعت نور شروع شد. نظریه‌ای

که نهایتاً منجر به ارائه نظریه معروف نیوتن شد که در آن پرتو نور را با فواره آب مقایسه کرد. در این ایده او سرعت نور را با سرعت ذرات آب که همگی در خط مستقیم حرکت می‌کنند، مقایسه نمود. اما این فرضیه در توضیح پدیده تداخل نور ناموفق بود: حقیقتی که وقتی دو باریکه نور تحت شرایط خاصی با یکدیگر برخورد می‌کنند، نقاط تاریکی به وجود می‌آورند. متعاقباً این نظریه جای خود را به نظریه موجی هویگنز داد. زیربنای این نظریه آن بود که نور مانند امواج آب منتشر می‌شود و از مبدأ آغازین به صورت هم مرکز در تمام جهات، با سرعتی که البته هیچ ارتباطی هم به سرعت ذرات آب ندارد، منتشر می‌گردند. این نظریه در توضیح پدیده تداخل کاملاً موفق بود، یعنی هر وقت در برخورد دو موج با یکدیگر، چنانچه قله یک موج با پایین‌ترین قسمت فرو رفتگی موج دیگر برخورد نمایند موجب خنثی شدن یکدیگر می‌شوند. البته این نظریه هم بیش از یک قرن دوام نیاورد و نظریه موجی در توضیح این اثر در فاصله‌های بیشتر برای پرتو نوری که دارای طول موج کوتاه است، ناموفق بود. شدت نور با مجذور فاصله کاهش می‌یابد، بنابراین اگر نوری به طور یکسان در تمام جهات انتشار یابد، غیر ممکن است که بدانیم چگونه یک پرتو حتی در فاصله‌های بسیار دور، که کاملاً مستقل از شدت خود است می‌تواند انرژی تولید کند، این نکته به ویژه در مورد امواج کوتاه مانند پرتو ایکس یا گاما قابل ملاحظه است. چنین اثرات قدرتمندی توأم با شدت بی‌نهایت ضعیف فقط هنگامی برای ما قابل درک خواهد بود که انرژی نور را به شکل متمرکز شده بر روی ذرات و یا بسته‌های متمایز و غیر قابل تعویض تصور کنیم، به بیان دیگر به فرضیه ذره‌ای نور نیوتن بازگردیم.

در حال حاضر موقعیت بسیار نارضایتبخش است، بدین معنا که ما دو نظریه داریم که مانند دو رقیب دارای قدرت‌های مساوی، سلاح‌های مؤثر

و نقاط حساس هستند. بنابراین بسیار مشکل است که برنده نهایی را پیش‌بینی کنیم اما احتمالاً این درست است که بگوییم هیچ یک از نظریه‌ها به طور کامل پیروز نمی‌شوند. احتمال بسیار زیادی دارد که نهایتاً به یک دیدگاه وسیع‌تر و جامع‌تری دست یابیم، جایی که به وضوح بتوانیم ادعاها و ضعف‌های هر یک از دو فرضیه را بررسی کنیم.

احتمالاً به چنین دیدگاهی هنگامی می‌توان دست یافت که ما جستجوی خود را برای یافتن منبع تمام تجربیات شدت بخشیم و این بدان معناست که در حال حاضر، ما باید توجه خود را به اندازه‌گیری پدیده‌های اپتیکی معطوف داریم و این تلویحاً یعنی تمرکز تحقیقات بر روی تجهیزات اندازه‌گیری. این مرحله در واقع حائز اهمیت بسیار زیادی است، چرا که می‌تواند به منزله معرفی اصل کلیت در فیزیک باشد. طبق این اصل، قوانین یک پدیده اپتیکی، فقط هنگامی می‌توانند کاملاً قابل فهم و درک باشند که ویژگی‌ها و خصوصیات فرآیند اندازه‌گیری، و نیز رویدادهای فیزیکی در نقاطی که نور از آنجا سرچشمه گرفته و منتشر می‌گردد، تحت مطالعه قرار گیرند. تجهیزات اندازه‌گیری صرفاً دریافت‌کننده‌های منفعل نیستند که فقط پرتوهایی را که با آنان برخورد می‌کنند ثبت کنند، بلکه یک نقش فعال در رویداد اندازه‌گیری ایفا می‌کنند و موجب تأثیر سببی بر روی نتایج اندازه‌گیری می‌شوند. یک سیستم فیزیکی تحت مطالعه، تنها در صورتی می‌تواند کاملاً پیرو و وابسته قانون باشد که فرآیند اندازه‌گیری، خود جزئی از سیستم محسوب شود.

چگونه در این راه پیشرفت حاصل می‌شود؟ سؤالی است بس مشکل و برای آینده نیز بسیار مهم. برای درک بهتر اهمیت آن پیشنهاد می‌کنم تا میدان دید بررسی را فراتر از شرایط خاص اپتیک ببریم و مسئله را از دیدگاه کلی‌تری مطالعه کنیم. آیا واقعاً امکان دارد که با اعتماد به نفس،

آیا واقعاً ممکن است که ادعا کنیم چیزی به نام قانون تخمینی وجود دارد که حاکم بر توسعه نظریه‌های علمی باشد؟ وقتی به عقب بر می‌گردیم و تاریخ تحول وقایع را نگاه می‌کنیم در وجود چنین قانونی تردید می‌کنیم. با در نظر گرفتن اینکه بسیاری از نظریه‌های خیلی مهم، در آغاز ناشناخته و مبهم و برای بسیاری غیر قابل درک بودند و شاید در نهایت برخی از دانشجویانی که از زمان خود جلوتر بودند، فقط درک مبهم و ضعیفی از آنها داشتند. اما وقتی که انسان کم کم نسبت به آن نظریه‌ها آگاهی و معرفت بیشتری کسب کرد، ناگهان همگی و در آن واحد در جاهای مختلف شکوفا شدند. درک اصل بقای انرژی، به صورت رشد نیافته و ابتدایی به قرن‌ها قبل باز می‌گردد. اما، بعدها اواسط قرن اخیر و تقریباً هم زمان، توسط چهار یا شش دانشجو که میان آنان هیچ‌گونه ارتباطی هم وجود نداشت، ارائه گردید. شاید بتوانیم این طور اظهار کنیم که حتی اگر اشخاصی مانند جولوس رابرت مایر<sup>(۱)</sup>، جیمز پریسکات ژول<sup>(۲)</sup>، لودویک آگوست کلدینگ<sup>(۳)</sup> و هرمن وان هلمتز<sup>(۴)</sup> در آن زمان زندگی نمی‌کردند، کشف اصل بقای انرژی بدون شک صورت می‌گرفت، ولی با کمی تأخیر. من با جرأت همین مطلب را در مورد ریشه نظریه‌های مدرن نسبیّت و کوانتوم اظهار می‌دارم، ولی به دلیل بی میلی من، برای رو در رو شدن با این پاسخ دندان شکن که چنین پیشگویی‌هایی پس از وقوع رویداد فاقد هر گونه ارزشی است، از این کار امتناع می‌ورزم.

من فکر می‌کنم عامل اجتناب ناپذیر چنین فرآیندی در این حقیقت نهفته باشد که با گسترش آزمایش‌ها و بهبود در روش‌های اندازه‌گیری، تحقیقات نظری خودبه خود مجبور باشند تا در یک جهت خاص صورت

1- Julius Robert Mayer

2- James Prescott Jule

3- Ludwig August Colding

4- Herman Von Helmholtz

پذیرند.

اما در عین حال اشتباهی بزرگ‌تر از این نمی‌توان مرتکب شد که فرض کنیم روزی در آینده قوانین حاکم بر رشد افکار علمی و نیز مفاهیم آنها تبدیل به یک فرمول دقیق شوند که برای آینده دارای اعتبار باشند. نهایتاً وجود هر فکر جدید نتیجهٔ تخیل خالق آن است و تا این حد پیشرفت، حتی در ریاضیات که دقیق‌ترین علم‌هاست، گاهی اوقات به عامل غیر عقلانی بستگی دارد، زیرا غیر عقلانی بودن خود یک جزء ضروری در ساختن هر فردی است.

اگر ما همواره در نظر داشته باشیم که هر فکر مشخص در اثر یک تجربهٔ خاص کسب شده است، آن‌گاه متوجه می‌شویم که زمانی که در آن به سر می‌بریم، رویدادهای جدید فراوانی همراه خود دارد و بستر مناسبی برای تولید و ترویج افکار مهیا می‌سازد و این یک امر طبیعی و اجتناب‌ناپذیر است. مضافاً اینکه اگر در نظر بگیریم که هرگاه یک فکر جدید تبیین شود، بین دو واقعه متفاوت ارتباط ایجاد می‌شود. بنابراین، حتی اگر سرانگشتی هم حساب کنیم متوجه می‌شویم تعداد نظرها و افکار همواره بیش از رویدادهای موجود است.

دلایل دیگری که می‌تواند تعدد اندیشه‌های علمی را در این زمانه توضیح دهد، احتمالاً این واقعیت است که بیکاری گسترده، خود موجب تشویق افراد با استعداد و پرنشاط برای داشتن یک تجربهٔ کاری ارزشمند می‌شود. بنابراین سرگرم شدن با مشکلات کلی نظری و فلسفی نه تنها برای آنان خوشایند است، بلکه یک گریز رضایت‌بخش و آسان محسوب می‌شود. از اینکه احساس کنند وجودی تو خالی و دچار روزمره‌گی‌اند. متأسفانه نتایج ارزشمند، استثناهای نادری هستند. اغراق نیست اگر بگویم که به ندرت هفته‌ای می‌گذرد که من مقالات مختلفی با حجم‌های



بگویم که به ندرت هفته‌ای می‌گذرد که من مقالات مختلفی با حجم‌های مختلف از اعضای حرفه‌های گوناگون دریافت نکنم: معلمان، کارمندان دولت، نویسندگان، حقوقدانان، مهندسان و معماران که خواهان نظر من هستند، بررسی کامل این نوشته‌ها تمام وقت مرا، حتی اوقات بیکاری‌ام را می‌گیرد.

این مکاتبات می‌تواند به دو دسته تقسیم‌بندی شوند. گروه اول کاملاً ساده‌لوحانه بوده و نویسندگان هیچ توجه نکرده‌اند که یک نظریه جدید علمی واجد ارزش، حتماً باید بر حقایق مشخصی استوار شده باشد. در نتیجه برای این گروه داشتن دانش تخصصی برای تبیین افکار ضرورت دارد. از طرفی، نویسندگان این مقالات تصور می‌کنند که یک نوع استعداد عالی پیامبرگونه‌ای دارند که آنها را قادر می‌سازد تا حقیقت را بی‌درنگ و مستقیم حدس بزنند، غافل از اینکه هر کشف مهمی مستلزم گذراندن دوران سخت تلاش شخصی است. همچنین این گروه دچار توهم شده‌اند که اقبال اجازه داده تا میوه دلخواه به دامان آنان انداخته شود، درست شبیه نیوتن در زیر درخت سیب که باعث شد فکر جاذبه جهانی به ذهنش خطور کند، بدتر از هر چیز دیگر آن است که این خیال‌بافان در سطح غوطه‌ورند و هرگز به عمق نفوذ نمی‌کنند و به لحاظ علمی خیلی نادان هستند و لذا قادر نیستند خطاهای خود را ببینند. خطری که از طرف آنها همه را تهدید می‌کند نباید کم بها داد. جالب است توجه داشته باشیم که جوانان مدرن علاقه خاصی به پرسیدن سؤالات کلی دارند و در پی کسب یک دیدگاه رضایتبخش از زندگی هستند. دقیقاً به همین علت است که هرگز نباید فراموش کنیم که چنین دیدگاه بی‌پایه و اساسی محکوم به فنانی ناگهانی خواهد بود، مگر آن که یک ریشه عمیق در واقعیت داشته باشد. هر فردی که خواهان کسب دیدگاه علمی از جهان است نخست باید در

آگاهی و شناخت حقایق بکوشد.

امروزه دیگر یک دانشجو نمی‌تواند دیدگاه جامعی از هر بخشی از علم داشته باشد و در اکثر مواقع او باید حقایق را با واسطه دریافت کند. این خیلی اهمیت دارد که او در یک زمینه مهارت داشته باشد و در رشته خودش هم بتواند قضاوت مستقلی ارائه دهد. من شخصاً به عنوان عضو دانشکده فلسفه همیشه گفته‌ام که داوطلبان درجه دکتری فلسفه بایستی تبحر و آگاهی خود را در زمینه خاصی از علم نشان دهند. حال اهمیتی ندارد که دانشکده فلسفه به علوم طبیعی وابسته باشد و یا به علوم عقلانی. دیگر چیزی که اهمیت دارد این است که آن داوطلب توانسته باشد با مطالعه واقعی با روش علمی آشنا شده و آن را آموخته باشد.

به طور کلی، باید عرض کنم که آشکار کردن بی‌ارزشی این مقالات آسان است، اما گروه دیگری وجود دارند که به توجه جدی نیاز دارند، زیرا اینان نویسندگان و دانشجویان با دقتی هستند که کار بسیار عالی در زمینه خاص خود ارائه می‌دهند. امروزه مقیاس کار علمی طوری است که ضرورت داشتن تخصص همچنان شدیدتر احساس می‌شود و در نتیجه دانشجویان جدی، مایلند که به ماورای محدوده حوزه کاری خود بنگرند و آموخته‌های خود را در سایر شاخه‌های علم به کار برند. بنابراین مشاهده می‌کنیم نوعی گرایش وجود دارد که دو شاخه مجزای علم را با یک فکر به هم وصل کند که به نظر دانشجو هم متقاعد کننده می‌رسد. در این راه او سعی می‌کند تا قوانین و روش‌هایی را که تاکنون در حیطه کاری خود آموخته و با آنان آشناست به یک حیطه نامأنوس دیگر تعمیم دهد تا شاید بتواند مسائل آن را حل کند. این تمایل به ویژه در میان ریاضی دانان، فیزیک دانان و شیمی دانان بیشتر بوده و تلاش می‌کنند تا با استفاده از روش‌های دقیق خود، نوری بر مسائل بیولوژی، روانشناسی و

جامعه‌شناسی بیافکنند. در عین حال نباید فراموش کرد برای اینکه چنین پل عقلانی جدیدی به خوبی پابرجا باشد هر دو پایه آن باید محکم، مطمئن و استوار باشند و این مقصود هم حاصل نخواهد شد، مگر اینکه پایه‌های دیگر نیز دارای اساس و بنیان محکمی باشند. به بیان دیگر، این کافی نیست که یک دانشجوی تیزهوش فقط با موضوع کار خودش کاملاً آشنا باشد، بلکه برای اینکه اندیشه‌های او بیشتر ثمربخش باشند، باید از حقایق و مشکلات سایر زمینه‌هایی که می‌خواهد نظر خود را در آنها اعمال کند، آگاهی داشته باشد. این نکته بسیار مهم و قابل تأکید است زیرا هر متخصص سعی می‌کند، با اغراق، زمینه تخصصی خود را نسبت به مدت زمانی که برای آن صرف کرده و مشکلاتی که با آنها مواجه شده، با اهمیت نشان دهد. پس از پیدا کردن راه حل مسئله او سعی می‌کند تا حوزه تخصص خود را نیز مهم جلوه دهد و راه حل خود را در مواردی با ماهیت کاملاً متفاوت به کار گیرد. کسانی که علاقمندند تا دیدگاه جامع‌تری، بیشتر از آن چیزی که رشته تحصیلی محدودشان به آنها امکان می‌دهد، کسب کنند، هرگز نباید فراموش کنند که دانشجویان دیگری در سایر دانشکده‌ها وجود دارند که با همان دقت و با مشکلات مساوی، ولی با روش‌های گوناگون زحمت می‌کشند. تاریخ هر علمی گویای همین حقیقت است که چقدر بارها به این قاعده بی توجهی شده و به دست فراموشی سپرده شده است، البته من باید در انتخاب مثال‌هایم دقت کنم تا خود را به فیزیک محدود سازم تا از خطایی که تا این لحظه از آن انتقاد کرده‌ام، پرهیز نمایم.

همه نظریه‌های عمومی فیزیک، در عمل، کم و بیش با کمی مهارت به حیطه‌های دیگر تعمیم یافته‌اند، تعمیمی که اغلب مربوط به واژه‌ها و اصطلاحات است. چنانچه، واژه «انرژی» را با مفهوم فیزیکی آن در

روانشناسی به کار می‌گیرند و آن را در این رشته گسترش می‌دهند. همچنین تاکنون تلاش‌هایی جدی برای یافتن علت و درجه شادی انسان در چارچوب قوانین مدون ریاضی صورت گرفته است. همین نکته را باید در مورد تلاش‌هایی که برای استفاده از اصل نسبیت در خارج از محدوده فیزیک انجام گرفته است، یادآور شویم، مثلاً در زیبایی شناسی و یا حتی در اخلاق. اما هیچ چیز گمراه کننده‌تر از این اظهار بی‌معنا نیست که بگوییم همه چیز نسبی است. این گفته حتی در فیزیک هم به کار نمی‌رود. تمام به اصطلاح ثابت‌های جهانی از قبیل جرم، بار الکترون یا پروتون یا کوانتوم پلانک، همگی مقادیر مطلق هستند، یعنی آنها اجزای ثابت و غیر قابل تغییری هستند که اصولاً ساختار نظریه اتمی بر اساس آنها بنا شده است. البته اتفاق افتاده که برای مدتی، کمیتی مطلق فرض شده، ولی بعدها مشخص شده که نسبی است. اما هرگاه چنین چیزی روی داده، یک مقدار مطلق و مهم‌تر جایگزین آن شده است. تازمانی که ما وجود مقادیر مطلق را فرض نکنیم، هیچ مفهومی اساساً نمی‌تواند تعریف شود و هیچ نظریه‌ای هم نمی‌تواند شکل گیرد.

اصل دوم ترمودینامیک یا همان اصل افزایش آنتروپی، بارها در خارج از حیطه فیزیک به کار رفته است. برای مثال، بسیار تلاش شده است تا این اصل را به گونه‌ای استفاده کنند که نشان دهند تمام رویدادها و تحولات فیزیکی فقط در جهت تکامل بیولوژیکی توسعه می‌یابند. تا زمانی که واژه تکامل با پیشرفت، کمال و یا بهبود، تداعی معنی دارد، این یک تلاش فوق العاده مایوس کننده است. اصل آنتروپی به گونه‌ای است که فقط با احتمالات سروکار دارد و جان کلام آن، این است که وجود یک حالت به تنهایی احتمال ندارد و به طور میانگین حالات محتمل بیشتری در پی خود دارد. تفسیر این اصل از نظر زیست‌شناسی بیشتر نشانگر

تجزیه است تا بهبود، به بیان دیگر احتمال آشوب، روزمرگی و یا ابتدال همیشه بیشتر از هماهنگی، تعالی و بی نظیر بودن است.

در کنار این اندیشه‌های گمراه‌کننده که تاکنون راجع به آنها صحبت می‌کردیم، اندیشه‌های دیگری نیز وجود دارند که با مطالعه دقیق، کاملاً بی معنا به نظر می‌رسند، ولی نقش نسبتاً مهمی در فیزیک ایفا می‌کنند. یک مقایسه بین حرکت الکترون به دور پروتون و حرکت یک سیاره به دور خورشید، باعث شد تا محققان سرعت الکترون را بررسی کنند، هر چند بعدها متوجه شدیم که کاملاً غیرممکن است که بتوانیم این دو مورد را هم‌زمان پاسخ دهیم. بار دیگر شاهد خطر استفاده از نظریه‌ها و طرح‌های یک شاخه علم در شاخه دیگر هستیم و متوجه می‌شویم که دقت در آزمایش‌ها و اندیشه‌های جدید چقدر حائز اهمیت است.

اما هنوز بعد نظری موضوع را بررسی نکرده‌ایم و اینک مناسب‌ترین زمان است که بتوانیم به آن پردازیم. اگر قرار بر این بود که فکرهای جدید فقط وقتی پذیرفته شوند که صحت آنها کاملاً اثبات شده باشد و یا حتی اگر اصرار ورزیدیم که حتماً، از ابتدا، بایستی یک معنای تعریف شده و واضح داشته باشند، در آن صورت از پیشرفت علم شدیداً جلوگیری به عمل می‌آمد. ما هرگز نباید فراموش کنیم، فکرهایی که عاری از هرگونه معنا هستند اغلب منجر به قوی‌ترین تکانه در پیشرفت بیشتر علم شده‌اند: اندیشه دست‌یابی به کیمیا و تبدیل فلزات بی ارزش به طلا، موجب توسعه علم شیمی شد و نظریه حرکت دائمی، درک بهتری از انرژی را در پی داشت، نظریه سرعت مطلق زمین، باعث پیدایش نظریه نسبیت شد و فکر اینکه حرکات الکترونی شبیه حرکات سیارات است، بنیان فیزیک اتمی را پی‌ریزی کرد. اینها حقایق غیرقابل انکاری هستند که موجب رشد افکار می‌شوند زیرا به وضوح نشان می‌دهند که در علم، همچون جاهای

دیگر، اقبال با افراد جسور است. در نتیجه، برای موفقیت در این امر، بهتر است هدفی را دنبال کنیم بالاتر از آن چه پیش روی ماست.

اگر در پرتو این دیدگاه بنگریم، می‌بینیم که افکار علمی جامه جدیدی به تن کرده‌اند و متوجه می‌شویم که اهمیت این افکار بستگی به ارزش آنها دارد و نه حقیقت آنها. این گونه تفکر می‌تواند برای مثال در مفاهیم واقعیت دنیای خارج و یا نظریه علیت مصداق داشته باشد، چرا که در هر دو مورد مهم این نیست که آیا آنها حقیقت دارند یا نه، بلکه این مهم است که آیا آنها ارزشمند هستند یا بی‌ارزش. این حقیقت وقتی بیشتر برای ما روشن می‌شود که در نظر بگیریم ارزش‌های یک علم عینی مانند فیزیک در آغاز مستقل از اهداف آن است. حال این سؤالی مطرح می‌شود که اصولاً چگونه می‌توان کاملاً از اهمیت نظریه‌های فیزیکی بهره جست، چنانچه فقط ارزش آن را در نظر بگیریم؟

به عقیده من تنها راه ممکن، همان راهی است که در اپتیک پیش گرفتیم، یعنی راه و روشی که نه تنها در فیزیک، بلکه در هر بخش دیگری از علم صدق می‌کند. ما باید همیشه به منشأ هر علمی برگردیم و هنگامی می‌توانیم این کار را انجام دهیم که به یاد داشته باشیم روزی هر علمی نیاز به افرادی داشت تا آن را بنا کنند و با دیگران نیز در ارتباط باشد و این یعنی مقدمه‌ای بر اصل کلیت.

در اصل یک رویداد فیزیکی از دستگاه اندازه‌گیری و یا عضو حسی که آن را دریافت می‌کند جدایی‌ناپذیر است و به همین ترتیب یک علم در اصل هم نمی‌تواند جدا از محققینی باشد که در آن رشته فعالیت می‌کنند. فیزیک‌دانی که برخی از فرآیندهای اتمی را به صورت تجربی مطالعه می‌کند و به مرور زمان وارد جزئیات آن می‌گردد، به همان نسبت هم تداخل او با روند کار بیشتر می‌شود. یک فیزیولوژیست که عضو زنده را به

قسمت‌های کوچک‌تر تبدیل می‌کند، به آن آسیب رسانده و یا در واقع آن را از بین می‌برد و یا به همین ترتیب، فیلسوفی که در مطالعه یک فکر جدید خود را به پرسش این سؤال محدود می‌سازد که تا چه حد، معنی این فکر جدید به طریق برهانی معلوم است، روند توسعه و پیشرفت علم را کند می‌سازد. بنابراین، نکته مهمی که باید بدان توجه کنیم این است که یک اثبات‌گرا به اندازه یک متافیزیک یک بعدی است، با این تفاوت که اثبات‌گرا با رد کردن دنیای فرامادی این کار را می‌کند و یک متافیزیک با مردود شمردن و بی‌اعتنایی به هر تجربه. هر روش و برخورد توجیه خود را دارد اما اگر به افراط کشیده شوند مانع پیشرفت علم می‌شوند، زیرا از پرسیدن برخی از سؤالات بنیادی جلوگیری می‌کنند، هر چند به دلایل کاملاً متفاوت این کار انجام می‌پذیرد: اثبات‌گراها، برای اینکه سؤالات برای آنان بی‌معناست و متافیزیک‌ها به این دلیل که پاسخ سؤالات از قبل برای آنان معلوم است. رقابت بین این دو گروه هرگز نمی‌تواند به نفع یکی از آنها خاتمه یابد و در طول تاریخ، موفقیت همیشه بین این دو نوسان داشته است. یک قرن پیش، متافیزیک از داشتن استیلای خود نهایت لذت را می‌برد ولی بعدها یک اضمحلال مآلیخولیایی را در پی داشت. امروز، اثبات‌گرایی در پی موقعیت برتر تلاش می‌کند ولی همان‌طور که متافیزیک شکست خورد، آنها نیز به همین سرنوشت دچار خواهند شد.

هیچ‌کس به اندازه گوته احساس عمیقی در باره این مخالفت مزمن و دیرپا نداشت، او در طول تمام زندگی‌اش با آن مبارزه نمود و بارها نظر خود را با استادی اظهار کرده بود. او سعی بسیاری کرد تا با مطرح کردن مفهوم اصل کلیت به این مخالفت غلبه کند، مفهومی که ارائه آن به نفع هر دو دیدگاه بود. اما حتی فکر باز و جامع گوته تابع محدودیت‌های زمان بود، چرا که او هرگز تمایزی بین پرتوهای نور در فضای خارجی و

احساس نور در ذهن قائل نشد. بنابراین، باعث شد تا با قضاوت نادرست خویش، از پیشرفت چشمگیر اپتیک فیزیکی در زمان خود جلوگیری کند. ولی به هر حال با مشاهده هر نظریه مدرنی از کلیت در فیزیک، ممکن است او این تغییر را تأییدی بر طرز تفکرش استنباط کرده باشد.

بنابراین ملاحظه می‌کنیم چیزی که قبلاً بارها در مواقع مختلف شاهد آن بودیم، این بود که در مرکز علم یک هسته غیر عقلانی وجود دارد که هیچ هوشمندی قادر به مقابله و یا حل آن نیست. همچنین هیچ تلاش نوینی با تعریف وظایف، در محدود ساختن این هسته غیر عقلانی نمی‌تواند موفق باشد. در نگاه اول این چنین وضعیتی کاملاً عجیب و نارضایتبخش است، ولی در نگاه دقیق‌تر می‌بینیم که چیزی به غیر از این نمی‌تواند باشد. یک بررسی دقیق نشان خواهد داد که وظیفه هر علمی در میان راه، واقعاً مشخص می‌گردد و نه در آغاز. به همین دلیل مجبور است که به زحمت و کوشش کشتان به طرف نقطه شروع حرکت کند، بدون داشتن هیچ گونه امیدی برای رسیدن کامل به آن. علم با مفاهیمی که از قبل آماده و ساخته شده باشند، سر و کار ندارد، بلکه باید آنها را به طور مصنوعی ایجاد کند و تکامل آنها یک فرآیند تدریجی است. علم، مواد خود را از زندگی به دست می‌آورد و با تکانه، تداوم و سازگاری آن واکنش نشان می‌دهد و نیروی هستی آن ناشی از فکرها و نظریه‌هایی است که با آن سروکار دارد. این نظریه‌ها هستند که مشکلاتی سر راه دانش پژوه می‌گذارند تا با آنها دست و پنجه نرم کند، او را بدون وقفه مجبور به فعالیت می‌سازد و توانایی تفسیر صحیح نتایج به دست آمده را به او می‌دهند. بدون نظریه، تحقیق بی‌معنا و بدون هدف است و انرژی که صرف انجام آن می‌شود به هدر می‌رود. وجود آرمان‌ها، یک فیزیک‌دان را آزمایش‌گر، تاریخ‌دان را مفسر تاریخ و متن‌شناس را خط‌شناس با تجربه



تعریف معینی دارد یا نه کاملاً بی اهمیت است، آن چیزی که اهمیت دارد این است که موجب انجام کار مفید شود. در علم، همانند هر زمینه توسعه فرهنگی دیگر، تنها معیار بارز سلامتی و نشان دهنده موفقیت یک فرد و یا یک جامعه کار صورت گرفته ارزشمند است.

از این رو، من مایل هستم با نقل و قول کلماتی در باره رشد و اثر نظریه‌های علمی جمع بندی کنم. کلماتی در ستایش کاری که برای علم انجام شده است، کلماتی که انجمن مهندسين آلمانی ارزش نظری و عملی آن را تحسین می نمایند و آن به این شعار است: «چیزی که لازم است تحقیق است».

## علم و ایمان.

هر سال حجم عظیمی از تجربیات کسب می‌کنیم که حاکی از پیشرفت در زمینه تجهیزات گوناگون ارتباطی است، در نتیجه، تحت تأثیرات جدیدی قرار می‌گیریم که از دور و نزدیک به صورت یک جریان بی‌انتهای به ما هجوم می‌آورند. خیلی از آنها با همان سرعتی که دریافت می‌شوند، به دست فراموشی سپرده می‌شوند و اثر آنها یک روزه محو و نابود می‌شود. البته بهتر است که چنین هم بشود، اگر غیر از این می‌بود، یک انسان مدرن کاملاً زیر سنگینی تأثیرات گوناگون از پای در می‌آمد. از طرفی هر شخصی که در جستجوی چیزی فراتر از وجود عقلانی ناپایدار است، لازم است خود را در معرض انبوهی از این تغییرات متنوع قرار دهد، تا بلکه به تعدادی از اصول جاویدان دست یابد، چرا که برخی از این اصول ثابت و همیشگی، دیدگاه روشنی در میان خواست‌های گنگ و مبهم زندگی برای او فراهم می‌سازند. در نسل جوان این انگیزه به شکل یک تمایل پرشور برای دست یافتن به فلسفه جامع از جهان هستی جلوه‌گر می‌شود. این خواسته، رضایت خود را در تلاش‌های وقفه‌ناپذیر در هر جبهتی می‌بیند که گمان رود در آنجا آرامش و نشاطی برای ارواح خسته و درمانده یافت می‌شود.

کلیسا باید چنین آرمانخواهی‌هایی را فراهم سازد، اما امروزه کلیسا

کلیسا باید چنین آرمانخواهی‌هایی را فراهم سازد، اما امروزه کلیسا بیشتر در جستجوی ایمان بی‌چون و چراست تا رفع شک از بی‌اعتقادان. بنابراین جوانان کم و بیش به جانشین‌های نامطمئنی متوسل می‌شوند و مترصد هستند خود را در آغوش انبوهی از پیام‌آورانی اندازند که مدعی تعالیم جدیدی هستند. مایه بسی حیرت است که تعداد بی‌شماری از مردم، حتی از قشر تحصیل‌کرده، شیفته این مکاتب می‌شوند، مرام‌هایی از گنگ‌ترین و نامفهوم‌ترین مکاتب عرفانی گرفته تا ابتدایی‌ترین و خام‌ترین خرافات.

سهل است که پیشنهاد کنیم، شاید بتوان از طریق دیدگاه علمی به فلسفه جهان هستی دست یافت. اما چنین پیشنهادی معمولاً توسط همین جستجوگرها با این عنوان که دیدگاه علمی ورشکسته است، رد می‌شود. در این پیشنهاد پایه‌ای از حقیقت یافت می‌شود و در واقع کاملاً صحیح است. چنانچه واژه علم را به معنای سنتی خود، که معنا و مفهوم اعتماد به قوه ادراک و استنباط از آن مستفاد می‌شود، به کار ببریم. این روش ثابت می‌کند کسانی که به آن باور دارند، درک صحیحی از واقعیت علم ندارند. حقیقت چیز دیگری است. هر کسی که در تکوین و توسعه شاخه‌ای از علم نقشی داشته است، به خوبی از تجربه شخصی خود درمی‌یابد که هر کوششی در این جهت توسط یک اصل ساده ولی ضروری هدایت می‌شود و این اصل همانا ایمان است، ایمانی که رو به سوی آینده دارد. گفته شده است که علم هیچ‌گونه فرضی ندارد: هیچ گفته‌ای تا این اندازه بد و اسفبار فهمیده نشده است. این درست است که هر شاخه‌ای از علم باید یک پایه و اساس تجربی داشته باشد، اما در عین حال این هم درست است که جوهر هستی علم، فقط محدود به این مواد خام نمی‌شود، بلکه بستگی به روش استفاده از آن دارد. ماده همیشه ناقص است و شامل

قسمت‌هایی متعدد و مجزاست. این مسئله در باره مقوله‌های علوم طبیعی و واقعیات متعدد علوم مصور صدق می‌کند.

بنابراین، ماده باید کامل شود و این تنها با پر کردن خلاءها امکان‌پذیر است و این نیز به نوبه خود با مشارکت و اتحاد افکار انجام می‌گیرد. اتحاد اندیشه از طریق ادراکات حاصل نمی‌شود، بلکه زائیده تصور و تخیل محقق است، فعالیتی که شاید ایمان و یا احتیاطاً فرضیه مقدماتی نامیده شود. نکته اساسی این است که محتوای آن به هر شکل به ورای داده‌های تجربی کشیده می‌شود. آشوب تک تک اجرام را نمی‌توان بدون نوعی نیروی هماهنگ کننده به کیهان نسبت داد و بر همین مقیاس اطلاعات ناپیوسته و از هم گسیخته تجربی هرگز نمی‌تواند بدون حضور و دخالت هوشمندانه روحی که توسط ایمان برانگیخته شده، یک علم واقعی و تمام و کمال را عرضه نماید.

حال، سؤالی که مطرح می‌شود، این است که آیا بینش عمیق‌تر ما از علوم گوناگون، می‌تواند ما را به فلسفه‌ای از جهان رهنمون سازد که بتوانیم در مشکلات زندگی از آن بهره ببریم. بهترین پاسخ را می‌توان با رجوع به دانشمندان بزرگی یافت که این دیدگاه را پذیرفته‌اند و در حقیقت کسانی که متوجه شدند که بینش علمی، به آنان چنین خدمتی کرده است. از میان بسیاری از محققین که علم، وجود عصبی و ناآرام آنان را قابل تحمل کرد و حتی باعث شهرتشان شده من نام یوهان کپلر<sup>(۱)</sup> را در مقام اول قرار می‌دهم. تمام زندگی کپلر آکنده از فقر، ناامیدی و رنج بود، فقر و تنگدستی حقیقتاً او را پریشان و درمانده ساخته بود، به طوری که در اواخر عمرش مجبور شد برای دریافت مستمری از حکومت، که مدت‌ها به تعویق افتاده بود، به

پارلمان رُزنبرگ متوسل شود. شاید بزرگ‌ترین گرفتاری وی زمانی بود که می‌خواست از تهمت جادوگری که به مادرش نسبت داده بودند، دفاع کند و چیزی که او را در تمام طول زندگیش مقاوم ساخت و او را قادر به انجام کار کرد، ارائه خدمت علمی بود. منظور اعداد و ارقامی نیست که او در مشاهدات نجومی خود به کار می‌برد، بلکه ایمان و باوری است که از طریق این اعداد و ارقام برای کشف قوانین منطقی در جهان هستی صورت گرفت. بسیار آموزنده است که کیپلر را با استاد و رئیس خود تایکو براهی<sup>(۱)</sup> مقایسه کنیم. او دارای همان آگاهی علمی بوداز همان حقایق مشاهده شده استفاده می‌کرد. اما چیزی که فاقد آن بود، ایمان به قوانین جاودانی بود و اگر چه تایکو براهی در جمع سایر دانشمندان یک محقق لایق و شایسته محسوب می‌شود اما این کیپلر بود که بنیانگذار نجوم مدرن گشت. در این ارتباط، نام قابل ذکر دیگر، جولیس رابرت مایر<sup>(۲)</sup>، کاشف ظرفیت گرمایی مکانیکی است. مایر به اندازه کیپلر دغدغه‌های مالی نداشت ولی مسئله‌ای که او را بسیار آزار می‌داد، بی‌اعتنایی به نظریه بقای انرژی او بود. اواسط قرن گذشته، دانشمندان بیشترین شک و بدگمانی خود را نسبت به هر چیزی که طعم و رنگ فلسفه طبیعی داشت ابراز داشتند، ولی مایر در مقابل چنین سکوتی وحشت زده ماند و تسلای خود را بیشتر در ایمانش جستجو می‌کرد تا عملش. اما مایر آن قدر عمر کرد که شاهد باشد نمایندگان دپارتمان علوم، یعنی جامعه طبیعی دانان و فیزیک دانان آلمان که هرمن هلموتز نیز در میان آنان بود، بر نظریه او، که سال‌ها به آن بی‌اعتنایی کرده بودند، صحنه گذاشتند و آن را تأیید کردند. بنابر این، مشاهده می‌کنیم که در چنین مواردی و یا مشابه آن، نوعی ایمان

1- Tycho Brahe

2- Julius Robert Mayer

فعال در جریان است که قدرت اصلی آن بر داده‌های منفرد علمی اعمال می‌شود. شاید ما بتوانیم حتی یک گام جلوتر برویم و ادعا کنیم که وجود یک ایمان پیامبرگونه در ایجاد هماهنگی و توازن در مراحل اولیه که همان مرحله جمع‌آوری داده‌های ثابت است، بهتر می‌تواند به ما خدمات و کمک‌های ارزشمند ارائه دهد. این ایمان راه را به ما نشان می‌دهد و حواس ما را هوشیارتر می‌سازد. تاریخ دانی که در آرشیو تاریخ به دنبال مدارک و اسناد می‌گردد و آنهایی را که کشف کرده مطالعه می‌کند و یا آزمایشگری که کارش را در آزمایشگاه با دقت دنبال کرده و نتایج کارش را با دقت بررسی می‌کند، بارها متوجه می‌شود که در کارش پیشرفت کرده است، به ویژه وقتی او قادر به تفکیک بین ضروریات و غیر ضروریات هم باشد. این پیشرفت هنگامی حاصل می‌شود که او یک نوع رویکرد عقلانی در پیش گرفته باشد تا سبب هدایت تحقیقاتش شود و او را در تفسیر نتایج یاری نماید. حال، تجربه او شبیه ریاضی دانی است که قبل از اثبات طرح و پیشنهادی، آن را کشف و فرمول بندی کرده باشد.

اما هنوز یک خطر باقی مانده و شاید هم بزرگ‌ترین خطری باشد که سر راه محقق کمین کرده است و به هیچ وجه نباید از آن به راحتی و با بی‌دقتی گذشت. این خطر جدی همان حقیقتی است که شاید اطلاعات داده شده کذب تفسیر شوند و یا حتی مورد غفلت قرار گیرند. اگر چنین چیزی روی دهد علم دروغ می‌شود و تبدیل به یک ساختار توخالی می‌گردد، که با اولین ضربه فرو می‌ریزد. بسیاری از دانشمندان پیر و جوان به سبب هیجان و احساسات ناشی از اعتقاد جزمی علمی خود به دام این خطر افتاده‌اند. امروزه این خطر همچون گذشته، به شدت وجود دارد و تنها داروی آن، احترام گذاشتن به حقایق است. هر قدر تخیل و تصورات یک متفکر پرثمر باشد، به همان میزان، باید مواظب باشد تا هرگز

فراموش نکنند که حقایق گوناگون همواره بدون استثناء، اساسی را تشکیل می‌دهند که بدون آن علم نمی‌تواند وجود داشته باشد. مهم‌تر از آن، اینکه باید پیوسته از خود پرسد که آیا برخوردش با این حقایق درست و مقبول بوده است.

تنها با پشتوانه‌ای از تجارب واقعی زندگی می‌توانیم پاهای خود را محکم روی زمین قرار دهیم. آن‌گاه از تسلیم به اعتقاد خود درباره فلسفه جهان هستی احساس رضایت می‌کنیم. این البته تنها با ایمان به وجود نظم منطقی در جهان میسر است.