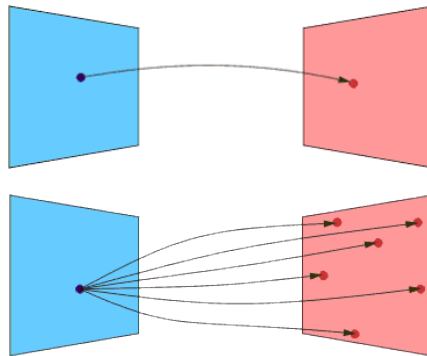


## اصل علیّت؟



Principle of Causality?

### چکیده:

اصل علیّت بیان از رابطه‌ی خاص بین رویدادها دارد. ساده‌ترین شکل آن رابطه‌ی بین دو رویداد، علت و معلول، است که در آن معلول نتیجه‌ی علت انگاشته می‌شود. اما این انگاشت متکی بر چه برهانی است؟ آیا می‌توان صحت آن را اثبات نمود؟ و یا آیا آن تنها یک انگاشت متافیزیکی است؟

اصل علیّت در درجه‌ی نخست نیازمند شناخت دقیق از علت است. آیا امکان شناخت دقیق از علت وجود دارد؟ چنانچه پاسخ منفی باشد، که هست، راه حل چیست؟ آیا می‌باید اصل علیّت را کنار گذاشت؟ و یا اعتبار آن را محدود شده دانست؟ اصولاً، آیا نباید اتفاق و احتمالات مبنا باشند؟

انصراف از اصل علیّت معنایی جز چشم‌پوشی از هر نوع فعالیت و پیشرفت علمی ندارد. چرا که تجربه نشان داده است که دست‌آوردهای علمی، به‌ویژه در علوم پایه، بدون بهر جوئی از اصل علیّت غیرممکن است.

وضعیت نامتقارن ذکر شده به‌درستی توجه فیلسوفان بسیاری را از دیرباز به‌خود جلب و به اظهار نظر در باره‌ی اصل علیّت واداشته است. اظهار نظرهایی که که بعضاً متناقض هم می‌باشند. برای مثال رنه دکارت عقل آدمی را، بی‌نیاز از تجربه، قادر به فهم آن می‌داند، امانوئل کانت آن را به‌اثبات رسیده از طریق تجربه نمی‌داند و دیوید هیوم هیچ‌گونه مبداء فراتجربی را برای آن به رسمیت نمی‌شناسد.

در این مقاله می‌کوشم، پس از مقدمه‌ای کوتاه نشان دهم که نمی‌توان شناخت دقیقی از علت داشت و لذا نمی‌توان رابطه‌ی دقیقی بین علت و معلول ایجاد نمود. در نتیجه اصل علیّت در بهترین حالت تنها در شکل تقریبی آن پذیرفتنی است. به بیان دیگر، اصل علیّت در محدوده‌ی علت تقریبی معتبر و راه‌گشاست. و از این منظر به بررسی دترمینیستی یا احتمالاتی بودن اصل علیّت در دنیای کلاسیک و دنیای کوانتوم می‌پردازم. (معلول‌هایی که علت رویدادشان را نمی‌دانیم، یا هنوز نمی‌دانیم، نمی‌توانند در حیطه‌ی اصل علیّت بررسی شوند. مثال بارز آن "انفجار بزرگ، بیگ‌بنگ" است.)

## مقدمه:

اصل علیّت تاریخی چند هزارساله با کاربردی وسیع در سطوح مختلف دانش و علم دارد. این اصل مورد توجه فیلسوفان بسیاری بوده و در باره‌ی آن آثار خواندنی قابل توجهی از خود بجای گذاشته‌اند. از نیمه‌ی دوم قرن نوزدهم دانشمندانی مانند جیمز کلرک ماکسول و در قرن بیستم با ظهور علم کوانتوم فیزیک‌دانان دیگری اصل علیّت را، به‌شکلی که تا آن زمان تصور می‌شد، مورد سؤال قرار دادند. از طرف دیگر، با توسعه‌ی نظریه‌ی آشوب (Chaos Theory) بحث علیّت ضعیف و قوی هرچه بیش‌تر مطرح گردید. بی‌تردید تشریح همه‌ی این مطالب، یعنی بررسی تاریخ اصل علیّت، ارائه دیدگاه‌های مختلف فیلسوفان و دانشمندان علوم جدید، توضیح کاربرد اصل علیّت در حوزه‌های مختلف از جمله در علوم پایه (فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی،...)، رفتارشناسی، جامعه‌شناسی، حقوق، پزشکی، اقتصاد و... در قالب یک مقاله امکان‌پذیر نیست. از آن‌جا که در عصر اینترنت امکان دسترسی به یک سری از این مطالب به‌راحتی وجود دارد، لذا از ورود به آن‌ها صرف‌نظر کرده صرفاً به بررسی علمی مفهوم اصل علیّت از زوایای مختلف می‌پردازم.

در این‌جا بجاست نکاتی را که جیمز کلرک ماکسول (۱۸۳۱-۱۸۷۹)، فیزیک‌دان اسکاتلندی، در کتاب خود تحت عنوان 'Matter and Motion', (سال ۱۸۷۷) مطرح نموده است نقل قول کنم. ماکسول می‌نویسد:

"این یک دکترین [اصل متافیزیکی] است که اسلاف برابر همواره نتایج برابر دارند. این را کسی نمی‌تواند منکر شود. اما این مشکلی را در دنیا حل نمی‌کند، دنیائی که در آن اسلاف برابر هرگز دوباره ظاهر نمی‌شوند و دوبار اتفاق نمی‌افتند. یک اصل فیزیکی مشابه می‌گوید، اسلاف برابر همواره نتایج مشابه دارند. اما در این‌جا ما از برابری به شباهت می‌رسیم، از برابری مطلق به تقریبی کم‌بیش خوب. تجلی‌هایی [پدیده‌هایی] وجود دارند که یک اشتباه کوچک در داده‌های آن‌ها تنها یک تغییر کوچک در نتیجه ایجاد می‌کند. پروسه‌های این چنینی پایدار نامیده می‌شوند. اما پدیده‌های نوع دیگری نیز وجود دارند که تاثیر کمیت‌های فیزیکی ناچیزی، نامحسوسی، بر روی آن‌ها به نتایجی بسیار با اهمیت منجر می‌گردند [پروسه‌های ناپایدار]".<sup>۱</sup>

در همین رابطه آتری پوانکاره (۱۸۵۴-۱۹۱۲) فیزیک و ریاضی‌دان فرانسوی می‌نویسد:

"یک علت بسیار کوچک که ما متوجه آن نمی‌شویم پدیده‌ی قابل ملاحظه‌ای را سبب می‌گردد که نمی‌توانیم نادیده‌اش به‌گیریم و آن وقت می‌گوئیم که آن پدیده اتفاقی است".<sup>۲</sup>

اشاره: علت‌های بسیار کوچک، با کمیت‌های فیزیکی ناچیز و نامحسوس، که سبب پیدایش "اتفاق" می‌شوند بیش از نیم قرن است که در علم سیستم‌های دینامیکی بی‌ثبات یا سیستم‌های آشوبناک (Chaotic System) بررسی می‌شوند.

## ریاضی‌زدگی اصل علیّت:

میز کار شما چه طولی دارد؟ ۱متر و ۴۰سانتی‌متر؛ دقیق‌تر ۱متر و ۴۲سانتی‌متر؛ باز هم دقیق‌تر ۱متر و ۴۲سانتی‌متر و ۳میلی‌متر؛ باز هم دقیق‌تر و دقیق‌تر ... ؟ آیا می‌توان اندازه‌ی دقیق طول میز را تعیین کرد؟ یعنی، آیا می‌توان خطا در اندازه‌گیری طول میز را به صفر رساند؟ مثالی دیگر، شما میز مربع شکلی با اضلاع دقیقاً ۱متری می‌خواهید. آیا امکان تهیه‌ی چنان میزی وجود دارد؟ بر فرض محال که وجود داشته باشد. آیا می‌توان قطر دقیق میز را، چه از طریق اندازه‌گیری و چه از طریق محاسبه، تعیین نمود؟ در حالت اول، از طریق اندازه‌گیری، همان سؤال بالا مطرح می‌شود که آیا می‌توان خطا

در اندازه‌گیری را به صفر رساند؟ در حالت دوم، یعنی از طریق محاسبه، ظاهراً پاسخ اکثر افراد به این پرسش مثبت است. چرا که آن‌ها قضیه فیثاغورث را به‌خاطر دارند که می‌گوید: جمع مربع اضلاع یک مثلث قائم‌الزاویه برابر است با مربع وتر آن  $(a^2 + b^2 = c^2)$ . یعنی،  $1^2 + 1^2 = c^2$ . در نتیجه قطر میز  $c$  برابر با  $\sqrt{2}$  متر ارائه می‌گردد. اما لازم است توجه کنیم که  $\sqrt{2}$  بیان عددی است که تعداد رقم‌های آن:

$\sqrt{2} = 1,41421\ 35623\ 73095\ 04880\ 16887\ 24209\ 69807\ 85696\ 71875\ 3769\ \dots\dots$

بعد از ۱ ممیز تا بی‌نهایت ادامه دارد.

حال شاید این پرسش مطرح شود که چه نیازی برای اندازه‌گیری با چنان دقت بالایی، مثلاً تا رقم چهارم بعد از ممیز، است؟ بی‌شک در زندگی روزمره نیازی به چنان دقت عملی نیست. اما وقتی صحبت از علم و اصل علیت است می‌باید که هم شناخت درستی از محدوده‌ی اعتبار علیت داشته باشیم و هم بدانیم که تا چه میزانی می‌باید دقیق بود. محدوده‌ی اعتبار اصل علیت را نه علم ریاضیات بلکه علم فیزیک تعیین می‌کند. فیزیک ما در حال حاضر تا اندازه‌های پلانک معتبر و پاسخ‌گوست. یعنی، هر آنچه کوچکتر از اندازه پلانک باشد ناشناخته شده است. در نتیجه، هرگونه بحث علمی و تلاش برای ایجاد رابطه بین علت و معلول در اندازه‌های کوچکتر از اندازه‌های پلانک بی‌معناست، اندازه‌هایی که بسیار کوچک هستند. برای مثال طول پلانک  $l$  و زمان پلانک  $t$  را در نظرمی‌گیریم که برابر هستند با:

$l = 0,00000\ 00000\ 00000\ 00000\ 00000\ 00000\ 00000\ 00001\ 61625\ 5\ \text{m}$

$t = 0,00000\ 00000\ 00000\ 00000\ 00000\ 00000\ 00000\ 00000\ 00000\ 00539\ 1247\ \text{s}$

اندازه‌هایی که مرز اعتبار فیزیک کنونی و با آن اصل علیت را تعیین می‌کنند.

یکی از تفاوت‌های مهم فیزیک و ریاضی در آن است که در ریاضیات فوت و فن‌هایی وجود دارند که می‌توان با یاری آن‌ها خطا را به مرز صفر سوق داده و نتیجه‌ی مطلوب را کسب نمود، از جمله با محاسبات دیفرانسیالی (Differential Calculus). روشی با کارائی فوق‌العاده بالا که سبب توسعه‌ی علوم مختلف شده است. البته، به بهای تأثیری ناخواسته منفی در نگاه و برداشت ما از مسائل عینی، فیزیکی؛ در یک کلام از دست‌آوردهای علوم! و این چیزی است مضاف بر تجربه روزمره‌ی ما با دنیای عینی. ما با روش‌های ریاضی کمیتهای عینی را بررسی و به زبان ریاضی بیان می‌کنیم و روابط میان آن‌ها را در شکل علوم مختلف ارائه می‌دهیم. کاربردهای عالی این علوم سبب رضایت ما گشته و در طول زمان با عادت به آن‌ها باورمان شده است که می‌توانیم با چنان ترفندهایی جهان عینی را همان‌گونه که هستند دریابیم و بیان داریم. و در مرکز همه‌ی این‌ها اصل علیت را قرار داده‌ایم.

### تقریبی بودن اصل علیت:

برای توضیح تقریبی بودن اصل علیت علم مکانیک، یکی از قدیمی‌ترین و شناخته شده‌ترین علم، را در نظر می‌گیریم. علم مکانیک در قرن هفدهم از جانب ایساق نیوتن<sup>۲</sup>، ریاضی و فیزیک‌دان انگلیسی (۱۶۴۲-۱۷۲۶)، با استفاده از روش‌های ریاضی ذکر شده ارائه گردید. این علم، به‌عنوان شاخه‌ای از فیزیک کلاسیک، در طول زمان توسعه یافته و از چنان مرتبه‌ای برخوردار شده است که آرنولد زمرفلد، فیزیک‌دان مشهور آلمانی، دوست اینشتین و استاد ولفگانگ پاولی و ورنر هایزنبرگ، در کتاب معروف خود<sup>۳</sup> علم مکانیک را ستون فقرات فیزیک ارزیابی می‌کند. و بسیاری افراد هم این علم را مصداق اصل علیت تلقی می‌کنند. اما با کمی دقت متوجه می‌شویم که این برداشت نمی‌تواند صحت داشته باشد.

برای این منظور لازم است نگاهی به کمیتهای آن بیافکنیم.

کمیتهای پایه‌ای علم مکانیک را فضا، زمان و جرم تشکیل می‌دهند. اندازه‌ی هیچ‌یک از این کمیتهای را نمی‌توان به‌طور دقیق تعیین کرد. زیرا در این‌جا نیز همان معضل ذکر شده در بالا در باره‌ی طول و اندازه‌گیری دقیق آن صدق می‌کند. یعنی، نمی‌توان خطا در اندازه‌گیری کمیتهای مزبور را به صفر رساند. لذا واضح است که نمی‌توان از علت (علتها) اطلاع دقیقی کسب نمود. و در نتیجه نمی‌توان رابطه‌ی دقیقی بین علت و معلول نشان داد. یعنی، مکانیک کلاسیک به‌بهای چشم‌پوشی از خطاها مصداق علیت شناخته می‌شود؛ خطاهائی ناشی از باور به کمیتهای در شکل پیوسته و امکان اندازه‌گیری دقیق آنها. ولیکن این باوریست نادرست. ما قادر به اندازه‌گیری دقیق کمیتهای نیستیم، نه فقط در حالت‌های استثنائی بلکه به‌طور کلی! در نتیجه نمی‌توانیم اطلاع دقیقی از علت (شرایط اولیه) کسب و رویداد حاصل از آن (معلول) را دقیق بدانیم یا پیش‌بینی کنیم. خطا، کم یا زیاد، همواره در اندازه‌گیری‌ها حضور دارد و قابل حذف و انکار نیست. باید بپذیریم که امکان دست‌یافتن به یک رابطه‌ی دقیق بین علت و معلول را نداریم و نمی‌توانیم داشته باشیم؛ نه علت و نه معلول را می‌توان به‌طور دقیق شناخت. به‌همین دلیل نمی‌توان وجود یک رابطه‌ی دقیق بین علت و معلول را نشان داد. اما به‌طور ارائه‌ی تقریبی آن در محدوده‌ی معینی از خطا ممکن می‌باشد. در صورت ناتوانی در تعیین محدوده‌ی خطا می‌توان از نظریه‌ی احتمالات بهره جست.

گفته می‌شود که پدیده‌هائی (علتهائی) که سبب رویدادی (معلولی) می‌گردند در گذشته‌ی این رویداد (معلول) قرار دارند. به‌عکس، رویدادهائی (معلول‌هائی) که می‌توانند توسط رویدادی (علتی) رخ دهند در آینده‌ی این رویداد (علت) قرار دارند. آیا همواره این چنین است؟:

### نسبیتی بودن اصل علیت:

همزمانی رویدادها، توضیح داده شده در مقاله‌ی 'زمان چیست و چگونه به‌دنیا آمد؟'<sup>۵</sup> در نظریه‌ی نسبیت نسبی است: این‌که کدام‌یک از دو رویداد A و B زودتر یا دیرتر رخ می‌دهد تابع دستگاه مختصاتی است که از آن این رویدادها ملاحظه می‌شوند. اما در مکانیک کلاسیک چنین نیست. در این‌جا همزمانی رویدادها مطلق انگاشته شده است. یعنی، وقتی در یک دستگاه مختصات رویداد A پیش از رویداد B رخ دهد این وضع، این نظم یا این ساختار، در تمامی دستگاه مختصات دیگر نیز همواره چنین می‌باشد. در مقاله‌ی ذکر شده، صرف‌نظر از توضیح نسبی بودن همزمانی در نظریه نسبیت، با تشریح مثالی نشان دادیم که تفکیک زمان به گذشته، حال و آینده معنائی ندارد؛ به‌قول اینشتین آن وهمی بیش نیست. در واقع نسبی بودن همزمانی رویدادها نظم تصور شده در ساختار اصل علیت، یعنی علت پیش از معلول، را با مشکلاتی مواجه می‌سازد. از آن‌جائی‌که سرعت تأثیرگذاری محدود است، حداکثر با سرعت نور، گذشته و آینده در نسبیت بخش‌های مخروطی شکلی از فضا-زمان چهاربعدی را شامل می‌شوند (مراجعه شود به مقاله‌ی 'معلول و علت'<sup>۶</sup>). و در صورت ملاحظه‌ی انحنا‌ی فضا-زمان (نسبیت عام) ساختار اصل علیت پیچیده‌تر هم می‌شود. به این معنا که سبب برخورد (تداخل) بخش‌هائی از آینده و گذشته‌ی رویدادی در فضا-زمان چهاربعدی انحنا‌دار می‌گردد.

### کوانتومی بودن اصل علیت:

نظریه کوانتوم جایگاه بی‌همتائی در شناخت ما از جهان، به‌ویژه در رابطه با اصل علیت و مفهوم دترمینیسم دارد.<sup>۷</sup> نظریه کوانتوم در طول عمر نسبتاً کوتاه خود، از اوایل قرن بیستم، از چنان توسعه و نفوذی در بخش‌های مختلف علمی، فنی و زندگی روزمره‌ی ما برخوردار شده است که در تاریخ بشر بی‌نظیر است. با این همه هنوز هم بحث تعبیر و تفسیر مفهوم‌هائی از نظریه کوانتوم خاتمه نیافته است.

برای مثال، هنوز هم موضوع 'دترمینیستی' یا 'غیردترمینیستی' بودن این نظریه مطرح می‌شود. 'غیرقابل‌پیش‌گویی' و 'غیردترمینیستی' بودن رویدادها نیز مسائلی هستند که در نظریه کوانتوم هم مورد بحث هستند. بی‌شک هر یک از این موارد به‌نوعی با موضوع اصل علیت رابطه دارند.

نظریه کوانتوم غیردترمینیستی تلقی می‌شود. البته در این‌جا نیز می‌توان تحت شرایطی از اصل علیت صحبت کرد. برای مثال، وقتی که علت رویداد B تنها حاصل از رویداد A باشد. و یا وقتی ما معادله‌ی دیفرنسیالی شرودینگر، یعنی معادله حرکتی کوانتوم مکانیک، را مبنای ارزیابی‌ها و محاسبات قرار دهیم طبیعی است که نتایج حاصل از آن دترمینیستی، جبری، تلقی شوند. یعنی، چیزی به‌مراتب گویاتر از آنچه اصل علیت بیان می‌دارد. به این معنا که در اصل علیت، وضعیت می‌تواند باشد نیز مطرح است. اما در دترمینیسم حالت جبری، می‌باید، باشد موضوعیت دارد.

غیرقابل‌پیش‌گویی بودن رویدادی به‌معنای غیردترمینیستی بودن آن نیست. نوعی تعبیر از نظریه کوانتوم می‌گوید، به‌دلیل محدودیت اصولی قوانین طبیعی پیش‌گویی یک رویداد تنها به‌شکل احتمالاتی ممکن می‌باشد. مثال کوانتومی، پیش‌گویی این‌که در یک ماده‌ی رادیوآکتیو کدام اتم در لحظه‌ی بعدی آکتیو خواهد بود غیرممکن است. مثال استاتستیک، وقتی سکه‌ای به‌طرف بالا پرتاب می‌شود نمی‌توان با اطمینان گفت که کدام روی سکه را بعد از سقوط خواهیم داشت. چرا که در این‌جا عواملی تاثیرگذارند که به‌ظاهر نامحسوس هستند، ولیکن رویدادها (معلول‌ها) از وجود آن‌ها خبر می‌دهند؛ تاثیر عواملی مانند شدت و جهت حرکت ملکول‌های هوا. این نوع عوامل (علت‌ها)، بی‌آن‌که ما قادر به اندازه‌گیری دقیق یک‌یک آن‌ها باشیم، در نهایت سبب رویدادی می‌شوند که مشاهده می‌کنیم و " آن‌وقت می‌گوئیم که آن رویداد اتفاقی است" (پوانکاره).

### نظریه آشوب و اصل علیت:

در مقدمه نقل قولی از جیمز ماکسول ذکر شد که می‌گوید:

"پدیده‌هایی وجود دارند که یک اشتباه کوچک در داده‌های آن‌ها تنها یک تغییر کوچک در نتیجه ایجاد می‌کند. اما پدیده‌های نوع دیگری نیز وجود دارند که تاثیر کمیت‌های فیزیکی ناچیزی، نامحسوسی، بر روی آن‌ها به نتایجی بسیار با اهمیت منجر می‌گردند."

قابل‌تحمین است که این فیزیک‌دان بزرگ از چیزی سخن می‌گوید که تازه حدود یک قرن بعد در شکل علم پیچیده‌ای به نام 'علم سیستم‌های دینامیکی بی‌ثبات یا در حالت عدم تعادل' و یا آشوبناک، در نیمه قرن بیستم ظاهر شد و اکنون یکی از پایه‌ای‌ترین و مهم‌ترین بخش‌های نظری و تجربی فیزیک مدرن و علوم طبیعی به‌حساب می‌آید.

هرچند ماکسول در نقل قول ذکر شده نامی از اصل علیت نمی‌برد، اما عملاً همان چیزی را توضیح می‌دهد که اکنون در 'علم سیستم‌های آشوبناک' مطرح هستند: تاثیر تغییرات کوچک بر سیستمی در حالت تعادل و یاکم و بیش در حالت تعدل منجر به تغییراتی کوچک و بر سیستمی در حالت عدم تعادل، و یا نزدیک به حالت عدم تعادل، منجر به تغییراتی بسیار بزرگ می‌گردد. برای مثال، ظرف نیم‌کره شکلی را تجسم کنیم که در داخل آن یک تیله قرار دارد. در شرایط اولیه‌ی این چنینی یک ضربه‌ی کوچک به تیله تغییر چندانی در موقعیت آن به‌وجود نمی‌آید. اما اگر همان ظرف نیم‌کره‌ای را وارونه کرده و تیله را در بالای آن قرار دهیم، یعنی در حالت عدم تعادل و یا نزدیک به حالت تعادل، بی‌شک با کوچکترین ضربه به تیله نتیجه‌ی شایان توجهی را شاهد خواهیم بود. مثال معروفی که اغلب در این رابطه ذکر می‌شود، پرزدن پروانه‌ای در نقطه‌ای از زمین (برزیل) و شکل‌گیری گردبادی در نقطه‌ی

دیگر آن (تکزاس) از ادوارد لورنتس (۱۹۱۷-۲۰۰۸) ریاضی‌دان و هواشناس آمریکائی می‌باشد:

“Does the Flap of a Butterfly’s Wings in Brazil Set Off a Tornado in Texas?”

بی‌تردید این مثال بدور از واقعیت است. اما منظور از بیان آن به‌تصویر کشیدن تأثیر علتی نامحسوس در شکل‌گیری معلولی بزرگ است.

### تفکیک اصل علّیت:

اصل علّیت را می‌توان به دلایلی که در زیر توضیح داده می‌شود به اصل علّیت ضعیف و اصل علّیت قوی تقسیم نمود:

اصل علّیت ضعیف بیان از آن دارد که ۱- علت‌های یکسان، برابر، همواره سبب معلول‌های یکسان، برابر، می‌شوند. حالتی که طبق توضیحات بالا، فقدان شناخت دقیق از علت و معلول، هرگز قابل اثبات نیست. ۲- علت نامحسوسی، سبب تغییر کوچکی در نتیجه می‌شود و یا این‌که به تغییر بسیار بزرگی می‌انجامد.

اصل علّیت قوی می‌گوید که علت‌های مشابه سبب معلول‌های مشابه می‌شوند (در سیستم‌های غیرخطی البته سبب معلول‌های غیرمشابه!).

اشاره: در بعضی منابع اصل علّیت ضعیف و قوی را به شکل خلاصه شده چنین بیان می‌دارند: اصل علّیت ضعیف 'رابطه‌ایست بین علت ضعیف و معلول ضعیف و یا معلول قوی' و اصل علّیت قوی 'رابطه‌ایست بین علت قوی و معلول قوی'.

تعریف ما با ملاحظه‌ی مسائل توضیح داده شده در بخش‌های بالا، مسئله‌ی اندازه‌گیری و اصل دتر مینیسم، ارائه می‌شود. ولیکن در اساس اختلاف فاحشی میان دو تعریف بیان شده وجود ندارد.

بنابر توضیحات داده شده در بخش‌های پیشین اصل علّیت ضعیف، شناخت دقیق از علت و رابطه‌ی بین علت و معلول را مفروض می‌دارد: حالت ایده‌آل. اما ما می‌دانیم که امکان شناخت صد در صد وجود ندارد. یعنی، ادعای "علت‌های یکسان، برابر، همواره سبب معلول‌های یکسان، برابر، می‌شوند" صحت ندارد. با این حال مهم است بدانیم که بسیاری از دست‌آوردهای انسان با تصور صحت داشتن این اصل ممکن گشته است. ولیکن این نتایج به‌معنای تایید صحت آن نمی‌باشند. هرچند هم که این شیوه کار در بسیاری از موارد کافی و راه‌گشاست. و حتی در مقاطعی از تاریخ تنها راه توسعه علم است. برای مثال، مکانیک نیوتن، و به‌طور کلی فیزیک کلاسیک، عمدتاً با فرض شناخت دقیق از علت و معلول و رابطه‌ی بین آن‌ها شکل گرفته‌اند. به این معنا که تصور شده است که می‌توان کمیت‌های مربوطه را، با در اختیار داشتن ابزار اندازه‌گیری لازم، دقیقاً سنجید. اما این برداشت درستی نیست.

اطمینان از دست‌آوردهای علمی یعنی امکان بازتولید احکام آن. به این معنا که نتیجه‌ی یک آزمایش می‌بایستی در آزمایش‌های مشابه قابل تکرار (بازتولید) باشد. به‌دلیل فقدان شناخت دقیق از داده‌های اولیه و ناتوانی در تکرار صد در صد یکسان آزمایشی راهی جز پذیرش داده‌های مشابه اولیه (علت)، آزمایش‌های مشابه و نتایج مشابه (معلول) نمی‌ماند. و البته همین روش سبب توسعه‌ی علوم، به ویژه علوم تجربی، گشته است و در واقع همان چیزی است که اصل علّیت قوی نامیده می‌شود: علت‌های مشابه سبب معلول‌های مشابه می‌شوند؛ تغییرات کوچک در داده‌های اولیه (علت) به تغییرات کوچک در نتیجه (معلول) می‌انجامد، اما نه همیشه! برای مثال، کم پیش نمی‌آید که وضعیت هوای کاملاً متفاوتی (معلول) را از شرایط اولیه‌ی (علت) مشابه شاهدیم. مطلبی که به‌مثابه تضاد در اصل علّیت قوی ظاهر

