صفحه ۱۲۹ – ۱۵۴
شمارهٔ پیاپی: ۹ بهار ۱۴۰۲
سال پنجم ـ شماره اول

بررسی چالش‌های پیشِ‌روی کاربرد قانون دوم ترمودینامیک در مقدمات براهین جهان‌شناختی

ایمان حاجی‌نژاد[1]

چکیده

با کشف قانون دوم ترمودینامیک بسیاری از اندیشمندان پی بردند که این قانون می‌تواند مؤیدی برای آغازمندبودن جهان باشد و با بهره‌گیری از برهان حدوث می‌توانند در مسیر اثبات وجود خداوند به کار برده شود. یکی از دانشمندانی که این مسیر را پیموده، ولیلیام کریگ است. وی در اثبات حدوث عالم دو دلیل فلسفی و دو دلیل تجربی ارائه می‌دهد که در بخش دلایل تجربی، به این قانون متوسل می‌شود.

در این نوشتار امکان مطرح‌نمودن تمام چالش‌های پیشِ‌رو نبود؛ لکن سعی شده است با بیان چهار چالش اصلی، دنبال این پرسش باشیم که آیا احتمال نقض این قانون و به‌تبع زیر سؤال‌بردن براهینی که از این قانون در مقدمات خود بهره

۱. دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد فلسفه دین دانشگاه تهران.
iman.hajinezhad@gmail.com.

می‌گیرنـد، وجـود دارد یـا خیـر؟ شـواهد امـر نشـان می‌دهنـد، اغلـب چالش‌هـای پـیش‌رو، پاسـخ درخـور یافته‌انـد؛ لکـن یافتـه‌های جدیـد در عرصـهٔ فیزیـک کوانتـوم و نقـض ایـن قـانون در سـطح نظـری، باعـث می‌شـود بـا احتیـاط بیشـتری نسـبت بـه قطعیـت ایـن قـانون و به‌تبع پیامدهای الهیاتی آن بپردازیم.[1]

کلیـدواژه‌ها: آنتروپـی، حـدوث عـالم، قـانون دوم ترمودینامیـک، ویلیام کریگ.

مقدمه

پس‌از آنکه در قرن ۱۹ میلادی، کلازیوس قوانین ترمودینامیک را مطرح کرد، برخی از اندیشمندان جهان پی بردند که این قوانین تنها دو قانون در عرصهٔ فیزیک نیستند؛ بلکه تبعات الهیاتی فراوانی به‌دنبال خویش خواهند داشت؛ لذا ابتدا ماتریالست‌ها از قانون اول ترمودینامیک که قانون بقای ماده و انرژی است، به نفع نظریات خویش بهره بردند و این قانون را ردی به دیدگاه خداباوران دانستند که قائل به وجود خالقی در این عالم بودند. دیری نپایید که با مطرح‌شدن قانون دوم ترمودینامیک که محدودیت‌هایی را برای قانون اول ایجاد کرده بود، دیدگاه آنان زیر سؤال رفت و در عوض این بار خداباوران بودند که این قانون را مؤیدی بر عقاید خویش می‌دانستند (جواد نوایی،۱۳۹۸، ۳۰۷).

این قانون که به «قانون آنتروپی»[2] نیز مشهور است، معیاری برای بی‌نظمی، قلمداد می‌شد و بیان می‌کرد که اولاً، آنتروپی جهان در مجموع همواره درحال افزایش است و هرگز کاهش پیدا نخواهد کرد (Michaelides,2008,7)؛ ثانیاً، این امر فرایندی برگشت‌ناپذیر است، بدین‌معنا که هرگز میزان آنتروپی در کل جهان کاهش پیدا نخواهد کرد. این افزایش تا جایی ادامه پیدا خواهد کرد که تمام جهان، هم‌دما شده و مولکول‌های کل عالم از حرکت بایستند و اینجا پایان عالم است که به «مرگ حرارتی» مشهور شده است.

۱. از جناب دکتر روزبه زارع استادیار گروه غرب‌شناسی پژوهشکده فرهنگ و مطالعات اجتماعی پژوهشگاه فرهنگ و اندیشه اسلامی ، بابت راهنمایی هایشان در پژوهش و نگارش این مقاله ، کمال تشکر را دارم.

2. Entrophy.

این فرایند به‌گونه‌ای صورت می‌گیرد که همواره آنتروپی هر لحظه بیشتر از لحظهٔ قبل است و بدین‌طریق اگر بخواهیم بین دو تصویر از این عالم، تشخیص بدهیم کدام زودتر و کدام دیرتر گرفته شده است، کار سختی نداریم؛ چراکه تنها باید ببینیم در کدام، آنتروپی بیشتر و در کدام کمتر است. همین امر سبب شد تا به قانون آنتروپی لقب «پیکان زمان»[1] داده شود؛ زیرا اولاً، فرایند آنتروپی همواره ازسوی گذشته به‌سوی آینده است؛ ثانیاً، هیچ دو لحظه‌ای دارای آنتروپی یکسان نخواهد بود. در سیستم‌های آرمانی آنتروپی ممکن است ثابت درنظر گرفته شود؛ لکن در دنیای واقعی چنین چیزی امکان‌پذیر نیست؛ ثالثاً، این فرایند برگشت‌ناپذیر است. این ویژگی‌ها باعث شده بود تا آنتروپی شبیه زمان شود و همچون یک ساعت شنی، معیاری برای گذشت زمان باشد.

با توجه به ویژگی‌های منحصربه‌فرد این قانون و همین‌طور توجه به اینکه در نهایت این عالم با مرگ حرارتی[2] نابود خواهد شد، دانشمندان این نظریه را مطرح کرده‌اند که جهان حتماً بایستی آغازی داشته باشد که اگر این‌گونه نبود و جهان ازلی بود؛ پس جهان بی‌نهایت زمان داشته است تا به مرگ حرارتی برسد و می‌بینیم که چنین روزی نرسیده و در نتیجه عمر جهان قطعاً محدود است و این به معنای آغازمندبودن عالم است.

پس این قانون قرینه‌ای بود، بر اینکه عالم آغازی دارد؛ لکن این قانون یک برهان مستقیم نیست و برای اثبات وجود خدا به برهانی دیگر نیاز دارد؛ لذا برهان حدوث به کمک این برهان می‌آید و در مقدمات برهان حدوث از نتایج این برهان استفاده می‌شود. ویلیام کریگ[3] از جمله دانشمندانی است که از این قانون، دلیلی برای اثبات آغازمندی عالم اقامه کرده است. در این نوشتار در پی آن بوده‌ایم که علاوه‌بر بیان دیدگاه ویلیام کریگ، به این موضوع بپردازیم که آیا کاربرد این قانون در مقدمات براهین جهان‌شناختی، از جنبه‌های گوناگون و از دیدگاه دانشمندان علوم مختلف، امری مسلم در نظر گرفته شده است یا می‌توان این قانون را به‌گونه‌ای زیر سؤال برد تا دیگر کارایی خود را در دنیای فیزیک و به‌تبع آن در کاربردهای الهیاتی آن از دست بدهد؟

۱. پیکان زمان (Arrow of Time) مفهومی است که در سال ۱۹۲۷ توسط اخترشناس بریتانیایی آرتور استنلی ادینگتون مطرح شد. این مفهوم بر مبنای عدم تقارن زمان، بیان شده است و نشان‌دهندهٔ آن است که زمان یک جهت مرجح دارد. به‌جهت آنکه آنتروپی تنها کمیت در دانش فیزیک است (البته به‌جز در برخی فرایندهای ذرات فیزیکی) که تغیرات آن براساس جهت مشخصی است، به آن نیز لقب بردار یا پیکان زمان داده‌اند.

2. Heat death.

3. William Lane Craig.

قانون دوم ترمودینامیک

تاریخچه

عده‌ای شروع ترمودینامیک را از قرن ۱۷ میلادی و ساخت اولین پمپ خلأ می‌دانند (partington,1989,240)؛ لکن اولین قدم جدی آن در قرن ۱۹ و در نتیجهٔ تلاش یک فیزیک‌دان فرانسوی به نام «نیکولا سعدی کارنو»[1] برداشته شد و به همین دلیل وی به «پدر علم ترمودینامیک» مشهور شد. در آن زمان ماشین بخار توسط جیمز وات اختراع شده بود و نقش مهمی را در صنعت ایفا می‌کرد؛ اما به‌رغم کوشش‌های فراوان صنعتگران، بازده آن بسیار اندک بود؛ لذا همواره در ذهن وی این سؤال مطرح بود که چطور می‌توان بازدهی سیستم را افزایش داد و آیا امکان دستیابی به بازدهی کامل و ۱۰۰درصدی وجود دارد؟ مجموعهٔ تفکرات و فعالیت‌های وی در کتابی با عنوان ملاحضاتی دربارهٔ توان موتور بخار در سال ۱۸۲۴ منتشر شد. این کتاب براساس پنداری نادرست در خصوص ماهیت گرما و انرژی بود؛ لکن زیربنایی شد برای بحث‌های جدی‌تر، دربارهٔ ترمودینامیک. وی در کتاب خویش نشان داد که در یک موتور گرمایی، حد بالا و بیشینه‌ای برای تبدیل حرارت به کار وجود دارد (پیتر اتکینز، ۱۳۹۲، ۲۰).

حدود دو الی سه دههٔ بعد، مهم‌ترین دوران شکل‌گیری قوانین ترمودینامیک است؛ چراکه سه دانشمند بزرگ روی این نظریه متمرکز بودند و هرکدام گام بزرگی در جهت پیشبرد آن برداشتند. نخستین آن‌ها جیمز ژول[2] بود که حدود سال ۱۸٤٤ با ترتیب‌دادن آزمایش‌هایی، چهارچوب تجربی قانون اول ترمودینامیک را بنیان نهاد. در واقع وی با اندازه‌گیری‌های دقیق نشان داد که کار می‌تواند به‌طور کمّی به گرما تبدیل شود. پس‌از وی، لرد کلوین[3] که به‌شدت تحت‌تأثیر تفکرات ژول قرار گرفته بود، این پروژه را تا حد زیادی توسعه داد و درنهایت رودلف کلازیوس[4] دانشمند بزرگ آلمانی، آخرین قدم را برداشت و اولین کسی بود که به وجود دو قانون اساسی در ترمودینامیک پی برد (همان، ۲۱). در سال ۱۸٦۵ کلازیوس، قوانین اول و دوم ترمودینامیک را بدین‌صورت، صورت‌بندی کرد:

1. Nicolas Sadi Carnot.

2. James Prescott Joule.

۳. ویلیام تامسون (William Thomson) از بزرگ‌ترین دانشمندان قرن ۱۹ است که بیشتر با نام لرد کلوین (LordKelevin) شناخته می‌شود.

4. Rudolf Julius Emanuel Clausius.

۱. انرژی جهان مقدار ثابتی دارد؛
۲. آنتروپی جهان به بیشینه‌شدن تمایل دارد.

در واقع قانون اول ترمودینامیک که به قانون بقای کار و انرژی نیز شناخته می‌شود، به‌صورت کلی بیان می‌کند که انرژی و ماده به‌وجود نمی‌آیند و از بین نمی‌روند. به تعبیر دیگر انرژی واردشده در سیستم نمی‌تواند در طول راه از بین برود؛ بلکه باید برای انجام کاری استفاده شود، در این حالت یا انرژی داخلی سیستم تغییر داده می‌شود یا کار انجام می‌شود (هالیدی و دیگران، ۱۳۸٤، ج ۱، ۵۰۷).

به‌دنبال قانون اول، قانون دوم ظهور کرد که بیان‌کنندهٔ کیفیت تبدیل انرژی و کار به یکدیگر بود. کلازیوس قانون دوم را این‌طوری بیان کرد «در ماشین گرمایی محال است که به همان اندازه‌ای که گرما می‌گیرد، کار انجام دهد.» معنای این حرف آن است که راندمان چنین دستگاهی هرگز ۱۰۰درصد نخواهد بود و همواره مقداری اتلاف انرژی داریم. وی همچنین با معرفی کمیتی به نام «آنتروپی» معیاری برای سنجش بی‌نظمی بیان می‌کند. این واژه معیاری از انرژی مصرف‌شده در سیستم است که دیگر برای انجام کار مکانیکی در دسترس نیست و لذا وی قانون دوم ترمودینامیک را قانون «افزایش آنتروپی» نامید و بیان کرد که فرایندهای طبیعی و برگشت‌ناپذیر به‌سمتی پیش می‌روند که آنتروپی کل سیستم افزایش یابد و در فرایندهای آرمانی هم، مقدار آن ثابت خواهد ماند؛ اما هرگز کاهش پیدا نخواهد کرد (همان).

در مجموع دو تعریف مشهور برای قانون دوم ترمودینامیک وجود دارد که هردوی آن‌ها در تلاش برای بیان امر واحدی هستند؛ لکن هرکدام به‌نحو جداگانه‌ای به تعریف این قانون پرداخته‌اند:

بیان کلوین پلانک: ساخت یک موتور گرمایی سیکلی (چرخه‌ای) که جز جذب گرما از منبع و انجام کار مساوی با گرمای جذب‌شده، تأثیر دیگری بر محیط نداشته باشد، غیرممکن است یا می‌توان گفت که: ساخت ماشین گرمایی با بازدهی ۱۰۰درصد، غیرممکن است. به بیان ساده‌تر، امکان ندارد یک ماشین گرمایی تمام انرژی را که طی یک چرخه از منبع گرم به دست می‌آورد، به کار تبدیل کند؛ بلکه مقداری از این انرژی به‌صورت انرژی تلف‌شده، به منبع سرد داده می‌شود (Plank,1897,86).

بیان کلازیوس: غیرممکن است وسیله‌ای ساخته شود که در یک سیکل کار کند و تنها اثر آن انتقال گرما از منبع دما پایین به منبع دما بالا باشد. این بیان نمی‌گوید نمی‌توان وسیله‌ای ساخت که گرما را از منبع دما پایین به منبع دما بالا منتقل کند، بلکه

می‌گوید نمی‌توان بدون انجام کار، گرما را از محیط سرد به محیط گرم انتقال داد (Clausisus,1854,86).

مرگ حرارتی

یکی از نتایج مهمی که از قانون دوم ترمودینامیک به دست می‌آید «مرگ حرارتی» است. این مفهوم، دربارهٔ سرانجامی از جهان صحبت می‌کند که در آن دیگر هیچ انرژی آزاد ترمودینامیکی‌ای وجود نخواهد داشت و آنتروپی جهان در بیشترین حد خودش خواهد بود.

این نظریه در سال ۱۸۵۲ توسط لرد کلوین مطرح شد. وی قانون دوم ترمودینامیک را به سراسر هستی تعمیم داد و نتیجه گرفت که کارهای مفید مکانیکی، در نهایت به گرما تبدیل خواهند شد و طبق قوانین ترمودینامیک، این فرایند برگشت‌ناپذیر بوده و نهایتاً در سراسر هستی پراکنده خواهد شد. این ماجرا تا آنجا ادامه پیدا می‌کند که جهان به‌حالتی برسد که حرکت جایش را به سکون بدهد. در این حالت تمام اجرام گرم و سرد هم‌دما خواهند شد. وی این حالت را مرگ حرارتی نامید که بر طبق اصل آنتروپی، همان حالتی است که سیستم به بیشترین مقدار آنتروپی می‌رسد. در نتیجه جهان به تعادل ترمودینامیکی رسیده و در حالت سکون مطلق قرار خواهد گرفت. وی همچنین برای این نظریهٔ خویش، مؤیداتی از قبیل کاهش دمای خورشید و... ارائه می‌دهد. این نظریه باعث شد ریشه‌های اولیهٔ برهان خلقت آنتروپی شکل بگیرد (نوایی، ۱۳۹۸، ۲۳۹).

تبعات الهیاتی قانون دوم ترمودینامیک

تاریخچه

پس‌از آنکه قانون اول ترمودینامیک مطرح شد، بسیاری از ماتریالیست‌ها ازآن برای اثبات مدعای خویش و رد وجود خداوند در عالم، بهره گرفتند؛ لکن دیری نپایید که با مطرح‌شدن قانون دوم، نه‌تنها ادلهٔ ماتریالیست‌ها زیر سؤال رفت، بلکه عده‌ای به فکر افتادند که این قانون تا چه حد می‌تواند تبعات الهیاتی داشته باشد. اهمیت بالای این قانون در مسائل فلسفی و الهیاتی از آن جهت است که در مسئلهٔ محوریِ اثبات خالق، حدوث عالم طبیعت و همین‌طور زوال عالم ماده، می‌تواند نقش کلیدی ایفا کند. جایگاه ویژهٔ این قانون در اثبات مسائل فلسفی باعث شده است که برخی این قانون را متافیزیکی‌ترین قانون فیزیک بدانند.

پس‌از کشف این قانون، اندیشمندان زیادی به تکاپو افتادند که این قانون را در مسیر براهین اثبات وجود خدا به کار بگیرند؛ لکن شواهد نشان می‌دهند که نخستین‌بار، یک

فیزیکدان آلمانی به نام تئودور لندزبرگ این مهم را به نتیجه رسانده است. وی که ترمودینامیک و آنتروپی را به‌طور گسترده مورد واکاوی قرار داده بود، در کنفرانسی در سال ۱۸۹۰ مقاله‌ای با عنوان «از آنتروپی تا خدا»[1] ارائه کرد و در آن اثبات خالق از طریق این برهان را به‌عنوان یک استدلال ترمودینامیکی مطرح کرد و نام آن را «برهان خلقت آنتروپی» گذاشت (Kragh,2007,369). طبق این مقاله جهان براساس قوانین ترمودینامیکی، باید آغازی داشته باشد و با توسعهٔ این مطلب خداوند باید جهان را خلق کرده باشد. این برهان تأثیر شگرفی در جهان‌شناسی قرن ۱۹ گذاشت و در این قرن برهان خلقت آنتروپی با این نام شناخته شده نبود؛ لکن در آثار دانشمندان زیادی می‌توان ردپای آن را مشاهده کرد (نوایی، ۱۳۹۸، ۲۰۹).

برهان آنتروپی

بیان شد که یکی از مهم‌ترین تبعات الهیاتی قانون دوم ترمودینامیک، استفاده از این قانون علمی در صورت برهانی برای اثبات وجود خداست. این برهان به دلیل به‌کارگیری این قانون علمی به «برهان خلقت آنتروپیک» شهره شده است. مبنای اصلی این برهان براساس این استدلال پایه‌ریزی شده است که اگر به این نتیجه برسیم که جهان نقطهٔ پایانی دارد که همان مرگ حرارتی باشد، لاجرم باید نقطهٔ آغاز نیز داشته باشد؛ و این امر ما را به این نتیجه می‌رساند که برهان حدوث می‌تواند در مسیر اثبات وجود خداوند به کار برده شود.

برای صورت‌بندی این استدلال باید مواردی را مفروض در نظر بگیریم تا استدلالمان صحیح باشد. مهم‌ترین آن‌ها این است که آزمایش‌هایی که قوانین ترمودینامیک را اثبات کرده‌اند، در ابعادی بسیار محدودتر از ابعاد این جهان صورت پذیرفته‌اند؛ لکن ما می‌توانیم این قوانین را بر تمام این جهان با همهٔ عظمتش تسری دهیم و در واقع کل جهان را به‌مثابه یک سیستم بسته در نظر بگیریم. با این پیش‌فرض می‌توان پایانی برای جهان در نظر گرفت و همین کافی است تا جهان را آغازمند بدانیم و از آنجا که خلق‌شدن این عالم از عدم، امری بسیار نامحتمل و قریب‌به‌محال است؛ پس این احتمال بسیار قوت می‌گیرد که این جهان در نقطهٔ زمانی مشخصی، خلق شده باشد و این‌چنین برهان خلقت آنتروپیک شکل گرفت (Kragh,2008,47).

1. From entropy to God.

اگر بخواهیم این برهان را براساس منطق ارسطویی صورت‌بندی کنیم، این‌گونه خواهد بود:

الف) در یک سیستم ایزوله فرایندها در جهتی حرکت می‌کنند که آنتروپی افزایش یابد؛

ب) این جهان در وضعیت آنتروپی بیشینه قرار ندارد؛

ج) پس عمر این جهان باید محدود و مشخص باشد.

البته همان‌طور که بیان شد مفروضاتی برای این برهان لازم است که یکی از آن‌ها بیان شد. مورد دیگر این است که بپذیریم انرژی این جهان تغییری نخواهد کرد و از بیرون جهان تبادلی با این جهان نخواهد بود؛ البته اثبات این مطلب با وجود اصل پایستگی جرم و انرژی و قانون نخست ترمودینامیک، کار چندان دشواری نخواهد بود؛ چراکه براساس این قانون اثبات کرده‌ایم که میزان انرژی کل سیستم، همواره ثابت است و تغییر نخواهد کرد و در مفروض قبلی، کل جهان را به‌مثابه یک سیستم بسته در نظر گرفتیم(Ibid).

از اینجای کار به بعد، بر عهدهٔ برهان حدوث است:

الف) اگر جهان آغاز داشته باشد، باید خلق شده باشد؛ چون نمی‌تواند خودبه‌خود به‌وجود بیاید؛

ب) جهان آغازمند است؛

ج) پس جهان به‌وسیلهٔ خالقی خلق شده است.

این دو برهان به‌کمک یکدیگر، برای اثبات وجود خداوند به‌کار خواهند رفت(Ibid).

ممکن است این سؤال مطرح شود که «اگر قرار است این جهان با مرگ حرارتی به پایان برسد؛ پس باز هم این قانون با آموزه‌های ادیان در تعارض خواهد بود؟» لکن به دو نکته باید توجه کرد: نکتهٔ اول: بسیاری از اندیشمندان وضعیت مرگ حرارتی و آنچه پس‌از آن رخ خواهد داد، بسیار به وضعیت قبل‌از قیامت و برچیده‌شدن بساط حیات و ازبین‌رفتن تمام آنچه در آسمان‌ها و زمین است، تطبیق کرده‌اند؛ نکتهٔ دوم: دانشمندان بزرگی از جمله خود لرد کلوین که از پایه‌گذاران اصلی قوانین ترمودینامیک است نیز معتقدند، تنها در صورتی ممکن است وضعیت مرگ حرارتی تغییر کند که دست یک خالق توانا در آن دخالت کند و با کاهش آنتروپی، پایان آن را تغییر دهد و از مرگ آن پیشگیری کند؛ پس اگر کسی اصل برهان را پذیرفت و وجود خالقی توانا را به‌عنوان نتیجه قبول کرد، دیگر نباید نگران پایان جهان باشد.

دیدگاه کریگ

برهان حدوث از جمله براهینی است که قرن‌ها قبل در فضای کلام و فلسفهٔ اسلامی رونق زیادی داشت. این برهان توسط فیلسوفانی همچون ابویعقوب اسحاق کندی و غزالی پایه‌ریزی شد و پس‌از آن بسیاری از متکلمان اسلامی به آن پرداختند. رفته‌رفته با ترجمهٔ آثار عربی به زبان لاتین، این برهان در فضای فکری غرب نیز برای خود جا باز کرد و فیلسوفانی همچون بناونتورا، به این برهان دلبسته شدند؛ لکن پس‌از رنسانس و پیشرفت علوم و دیدگاه‌های نوین نسبت به جهان، این براهین و اندیشه‌ها به حاشیه رانده شدند (توکلی ۱۳۹۰، ۷٤).

در اواخر قرن ۲۰ بود که این برهان در پی فعالیت‌های گستردهٔ دکتر ویلیام کریگ، حیاتی دوباره یافت؛ زیرا وی نه‌تنها بخش عظیمی از تألیفات خویش را به این برهان و دفاع از آن اختصاص داده بود؛ بلکه با تقریراتی نو و به‌کاربردن علوم روز و یافته‌های جدید علمی، رنگ‌وبوی تازه‌ای به این برهان داد.

کریگ در مقاله‌ای که در سال ۱۹۸۰ میلادی ارائه کرد، در قالب چهار استدلال که دوتای اول فلسفی و دوتای بعدی تجربی بوده، به بیان این برهان پرداخت. خود کریگ نیز به این دو استدلال تجربی چندان به‌عنوان استدلال نگاه نمی‌کند؛ بلکه آن‌ها را تأییدهایی از علم می‌نامد. وی در نهایت برهان خویش را به‌پاس زحماتی که متکلمان مسلمان برای بیان این برهان کشیده بودند، برهان کلام نام‌گذاری کرد.

در این پژوهش سعی بر این بوده است که به چهارمین و آخرین دلیل کریگ که همان برهان آنتروپی است، پرداخته شود. این قانون بر مدل‌های مختلف کیهان‌شناختی، قابل انطباق است. مطابق این قانون فرایندهای جاری در یک سیستمِ بسته، همواره به‌سمت توازن و تعادل حرکت می‌کنند. اینک اگر این قانون دربارهٔ جهان به‌عنوان یک کل اعمال شود، لوازم آن، چه خواهد بود؟ جهان یک سیستم بستهٔ غول‌آساست؛ چون همه‌جا را فرا گرفته است و انرژی‌ای از بیرون به آن تزریق نمی‌شود. حال اگر زمانِ کافی در اختیار باشد، جهان به‌حالتی از موازنهٔ ترمودینامیک دست می‌یابد که آن را «مرگ داغ جهان» نام نهاده‌اند.

این مرگ ممکن است مرگی سرد یا مرگی داغ باشد؛ بسته به اینکه جهان برای همیشه گسترش یابد یا در نهایت منقبض شود: از یک سو، اگر چگالی جهان به‌قدر کافی، زیاد باشد که بتواند بر نیروی انبساط غلبه کند، جهان به‌شکل گویی آتشین درهم فشرده می‌شود و با انقباض جهان، سوختن ستاره‌ها شتاب می‌گیرد تا جایی که در نهایت منفجر یا تبخیر می‌شوند. با افزایش چگالی جهان، حفره‌های سیاه، هر چیز پیرامون خود

را می‌بلعند و آن‌گاه همدیگر را در خود فرو می‌کشند تا جایی‌که تنها یک حفرهٔ مهیب در حد تمامی جهان بر جای می‌ماند که از آن دیگر چیزی بر نخواهد خواست (Craig,1991,7).

اما از دیگر سو، اگر چگالی جهان برای غلبه بر نیروی انبساط کافی نباشد که احتمالش بیشتر است، در این صورت کهکشان‌ها تمامی گاز خود را به ستاره‌ها برمی‌گردانند و این ستاره‌ها می‌سوزند و در مدت ۱۰ به‌توان ۳۰ سال، جهان را ۹۰درصد ستاره‌های مرده، ۹ درصد حفره‌های سیاه فوق‌العاده حجیم و ۱ درصد مادهٔ اتمی تشکیل می‌دهد؛ فیزیک می‌گوید که در چنین حالتی پروتون‌ها به الکترون‌ها و پوزیترون‌ها کاسته می‌شوند و فضا از گازی چنان رقیق پر می‌شود که فاصلهٔ یک الکترون و یک پوزیترون، در حدی شبیه کهکشان فعلی خواهد شد؛ برخی از دانشمندان معتقدند در ۱۰ به توان ۱۰۰ سال، حفره‌های سیاه به‌نوبهٔ خود پراکنده شده، به‌شکل پرتو[1] و ذرات عنصری[2] درمی‌آیند و نهایتاً ماده در جهانی سیاه، سرد و همواره در حال بسط، به‌صورت یک گاز به‌شدت رقیق[3] و به‌حالت پرتو و ذرات عنصری درمی‌آید، توازن بر همه‌چیز حاکم خواهد شد و جهان در حالت رخوت نهایی خویش قرار خواهد گرفت و دیگر تغییری در کار نخواهد بود (Ibid).

به‌هرحال، روی هریک از دو فرض، جهان در نهایت، حالتی غیر از حالت فعلی خواهد داشت. اینک سؤال این است که اگر جهان، از بی‌نهایت زمان پیش آغاز شده، چرا الآن در آن وضعیت قرار نگرفته؟ پس این می‌تواند نشان آن باشد که جهان آغازی داشته است، مگر اینکه کسی دوباره از تئوری نوسانی، سخن به‌میان آورد که در بحث از مه‌بانگ نشان داده شده است،[4] تئوری قابل دفاعی نیست (توکلی، ۱۳۹۰، ۸۶).

چالش‌های پیشِ‌روی قانون دوم ترمودینامیک

در این قسمت تلاش شده است، اصلی‌ترین اشکالاتی که به قانون دوم ترمودینامیک و همین‌طور برهانِ برآمده از آن وارد شده است، بیان شود و در صورت یافتن پاسخی برای

1. Radiation.

2. Elementary particles.

3. Ultra-thin gas.

٤. کریگ در مقالهٔ خویش در بخش نخست دلایل تجربی، به بحث نحوهٔ شکل‌گیری عالم می‌پردازد و ضمن دفاع از نظریهٔ بیگ بنگ به نقد و رد نظریه‌های رقیب می‌پردازد که از جملهٔ آن‌ها نظریهٔ نوسانی عالم است. برای مطالعه بیشتر ر.ک: روزبه زارع، ۱۳۹۷، ۲۶۱.

آن، به پاسخ‌ها هم اشاره شود. نکتهٔ جالب‌توجه آن است که اولاً این نوشتار توان و قصد بازتاب تمام چالش‌های پیش‌رو را نداشته و تنها بخشی از این چالش‌ها، محل توجه قرار گرفته است؛ ثانیاً این اشکالات با توجه به یافته‌های علمی تا زمان حال، بررسی شده است و چه‌بسا در آینده براساس یافته‌های جدید علمی، اشکالات جدیدتری به این قانون وارد شود یا به اشکالات سابق پاسخ‌های بهتری داده شود.

چالش برهان نظم

یکی از چالش‌های پیش‌روی اثبات وجود خدا از طریق قانون دوم ترمودینامیک، مسئلهٔ بی‌نظمی است. از مشهورترین براهینی که برای اثبات وجود خداوند از آن بهرهٔ فراوان برده می‌شود، برهان نظم است. در صغرای این برهان، ابتدا نظم حاکم بر جهان، به‌صورت پیش‌فرض انگاشته می‌شود و از اینکه هر نظمی نیازمند ناظمی است و محال است که نظمی خودبه‌خود به وجود بیاید، پی به وجود ناظمی مدبّر در جهان برده می‌شود.

نظم به دو نحوه ممکن است در جهان طبیعت رخ دهد: ۱. در گوشه‌ای از جهان و در پدیده‌های خاصی از جهان، نظم برقرار باشد؛ ۲. در کل جهان نظم برقرار باشد. از طرفی پیش‌تر بیان شد که قانون آنتروپی در پی افزایش بی‌نظمی است و در یک سیستم ایزوله، هیچ‌گاه افزایش نظم را خودبه‌خودی شاهد نخواهیم بود و چنین رویدادی محال است؛ حتی اگر در گوشه‌ای از سیستم افزایش نظم داشتیم، قطعاً در گوشه‌ای دیگر با افزایش بی‌نظمی روبه‌رو خواهیم بود (رامین، ۱۳۹۰، ۷۱).

حال مسئله این است که اگر ما بتوانیم صغرای برهان نظم، که همان وجود نظم در جهان است را اثبات کنیم، در واقع خود قانون دوم ترمودینامیک، مؤیدی برای اثبات وجود خدا در جهان خواهد بود؛ چراکه این قانون بیان می‌کند که محال است سیستمی بدون دخالت خارجی و به‌خودی‌خود، به‌سمت نظم پیش برود؛ بنابراین در صورت یافتن نظم در جهان، قطعاً ناظمی خارج از جهان وجود دارد که به آن نظم بخشیده است و در نتیجه وجود ناظم ثابت می‌شود؛ لذا برخی محققین با نام‌گذاری اصل آنتروپی به «اصل کهولت» سعی در اثبات دخالت مدام و حضور مستمر خداوند در نظام طبیعت را داشته‌اند (رامین، ۱۳۹۰، ۷۲):

«چون هر چیز وقتی به‌حال خود رها می‌گردد، رو به یک‌نواختی و پستی می‌رود، آنتروپی (اصل کهولت) یک امر بسیار بدیهی و طبیعی در این دنیا بوده و ناشی از نرسیدن امداد و دورماندن از اراده و امر است... . موجود از یک طرف تکامل می‌یابد؛ ولی از طرف دیگر فرسوده می‌گردد. اگر امداد الهی به سراغش نیاید خاموش و فراموش

خواهد شد... اگر چنین امداد و اشراق‌هایی در جهان خلقت نبود، دنیا پایدار نمی‌ماند و در زوال مستمر به‌زودی به مرگ ابدی فرو می‌رفت... ؛ پس خداوند دائماً در وحی و امر یا سازندگی است و مجموعهٔ دستگاه خلقت، در رهایی و غفلت نیست.» (بازرگان، ۱۳٤۹، ۸٦)

این دیدگاه بی‌شباهت به دیدگاه برخی دانشمندان قرن ۱۷ نیست که معتقد بودند، خداوند همچون ساعت‌سازی است که یک ساعت غول‌پیکر ایجاد و آن را کوک کرده و سپس به‌حال خود رها کرده است.

برخی دیگر از اندیشمندان سعی کردند از طریق تمثیل، وجود نظم در عالم طبیعت را اثبات کنند. در این نحو نگاه با اثبات نظم در برخی بخش‌های جهان و مقایسهٔ عالم طبیعت با مصنوعات بشری، سعی می‌شود وجود نظم در کل عالم طبیعت اثبات شود (Aquinas,1992,12)؛ لکن دانشمندان زیادی به این نحو استدلال خرده گرفتند و اعتبار آن را زیر سؤال بردند (Barbour,1977,80) و عملاً دیگر این استدلال، از کار افتاد؛ زیرا اولاً، این استدلال با نظم محدود در عالم طبیعت، قوت و استحکام لازم را نداشت؛ ثانیاً با وجود برخی بی‌نظمی‌ها در طبیعت، راه برای استدلال به‌سمت تصادف انگاری وقایع عالم، باز می‌شد.

از طرفی قانون دوم ترمودینامیک، با وجود پاره‌ای وقایع منظم در جهان منافاتی نداشت. این قانون پذیرفته بود که ممکن است در برخی بخش‌های سیستم، افزایش نظم داشته باشیم؛ ولی این بدین‌معنا خواهد بود که در بخش‌های دیگر سیستم، با افزایش بی‌نظمی روبه‌رو خواهیم بود؛ پس تا زمانی که نتوانیم نظم را در کل عالم ثابت کنیم، نه‌تنها قانون دوم ترمودینامیک قانونی برای اثبات وجود خدا نخواهد بود، بلکه خود، قرینه‌ای بر نبود ناظم در عالم طبیعت و به‌تبع رد وجود خدای متعال خواهد بود.

برای حل این معظل اندیشمندان راه‌های گوناگونی را بیان کرده‌اند که به‌طور اجمالی به برخی از آن‌ها می‌پردازیم:

الف. یکی از مهم‌ترین نظریه‌هایی که در فضای فلسفهٔ علم مطرح‌شده، نظریهٔ «ابطال‌پذیری» کارل پوپر[1] است که ده‌ها سال فضای علمی و فلسفی جهان را تحت‌تأثیر قرار داد. امروزه این نظریه در میان فیلسوفان تا حد زیادی مردود شمرده می‌شود؛ لکن همچنان به حاکمیت خویش در فضای علوم‌تجربی ادامه می‌دهد و دانشمندان زیادی در

1. Karl Popper.

زمرهٔ طرفداران این نظریه شمرده می‌شوند. براساس این نظریه هر قضیه‌ای تنها، زمانی علمی شمرده خواهد شد که قابلیت این را داشته باشد تا از طریق تجربه ابطال‌پذیر باشد (Popper,1963,40).

برخی اندیشمندان سعی کرده‌اند تا از طریق این نظریهٔ کارل پوپر، اثبات کنند که قانون دوم ترمودینامیک به‌دلیل ماهیت سلبی آن، قابلیت ابطال‌پذیری تجربی را ندارد؛ لذا نظریه‌ای علمی نخواهد بود و چون نظریه‌ای علمی نیست، دیگر یارای آن را نخواهد داشت تا نظم حاکم در جهان را زیر سؤال ببرد. تا چه رسد به آنکه بخواهد از دل این بی‌نظمی، دلیلی علیه وجود ناظم حکیم در عالم استفاده کند (رامین، ۱۳۹۰، ۷٤).

این استدلال شاید بتواند تعارض میان برهان نظم و قانون دوم ترمودینامیک را به‌نحوی برطرف کند؛ اما به نظر نمی‌رسد چندان راه‌حل مناسبی باشد؛ زیرا با این کار نه‌تنها پذیرفته‌ایم که ما از اثبات نظم حاکم بر جهان عاجز بوده‌ایم (و به‌تبع آن برهان نظم نیز بی‌اثر خواهد شد)، بلکه یکی از براهین مهم تجربی که ده‌ها سال به‌وسیلهٔ به‌کاربردن آن در مقدمات برهان حدوث، سعی در اثبات وجود خداوند شده بود، از اعتبار ساقط خواهد شد و دست دانشمند خداباور، از هر دو برهان کوتاه می‌شود.

ب. دلیل دیگری که برای رفع این تعارض، ازسوی برخی متفکران بیان‌شده این است که قانون آنتروپی، نظم حاکم در برخی پدیده‌ها و بخش‌هایی از جهان را قبول می‌کند؛ ولی این نظم را دلیلی بر افزایش بی‌نظمی در جای دیگری از جهان می‌داند و در نهایت می‌گوید که جهان به‌مثابه یک کل، همواره به‌سمت افزایش بی‌نظمی در حرکت است و این در صلاحیت این قانون نیست؛ زیرا علم توان آن را ندارد که برای کل عالم به‌مثابه یک کل، از ازل تا ابد نسخهٔ واحدی بپیچد. از نگاه آنان این قانون یک مدل ریاضی است که با مشاهدات تجربی جزئی به دست آمده است و نمی‌تواند نتایجش را به تمام عالم، در همهٔ زمان‌ها تسری دهد (Alston,1967,187).

برخی از اندیشمندان نیز اینجا در دفاع از برهان نظم گفته‌اند که برهان نظم، یک برهان تجربی و پسین است؛ لکن نباید گمان کرد که تجربی‌بودن مقدمهٔ نخست آن، به معنای حسی‌بودن آن است. نظم از کیفیات محسوس نیست؛ بلکه ربط وجودی پیوند ضروری، میان چند چیز است و این مطلبی نیست که بتوان از طریق حواس به آن پی برد. ممکن است سؤال شود، پس اعتبار مقدمهٔ نخست برهان نظم از کجاست؟ در جواب گفته‌اند که اعتبار آن از طریق قیاس خفی است و این بدان معناست که مقدمات آن در ابتدا تجربی هستند؛ اما در نهایت، عقلی محسوب می‌شوند و تمام قوانین علمی،

ثمرهٔ همین استنتاجات عقلی هستند و هیچ‌کدام از طریق تجربهٔ صرف، به دست نمی‌آیند (جوادی آملی، ۱۳۷۵، ۲۸).

به نظر می‌آید که این دلیل نیز برای حل این تعارض، از اتقان و استحکام کافی برخوردار نباشد؛ چراکه اولاً همان قیاسی که باعث اثبات صغرای برهان نظم می‌شود، همان آنتروپی را تبدیل به یک قانون کرده است و هر اشکالی که بتوان به این قانون وارد کرد، خیلی زود گریبان صغرای برهان نظم را هم خواهد گرفت؛ ثانیاً اشکالی که پیش‌تر نیز بیان شد، اینجا نیز نیاز به تکرار دارد و آن هم این است که، ده‌ها سال است از قانون دوم ترمودینامیک به‌عنوان استدلال یا حداقل مؤیدی در جهت حدوث عالم، بهره برده شده است و این اشکالی که به این قانون وارد می‌شود، نهایتاً منجر به بی‌اعتباری استناد به این قانون در مقدمات برهان حدوث خواهد شد.

ج. راه‌حل دیگری که برای حل این تعارض بیان‌شده، باز هم دامن‌گیر قانون دوم ترمودینامیک خواهد شد و این اشکال را وارد می‌کند که این قانون بر فرض صحت، در سیستم‌های بسته نتیجه خواهد داد و این سیستم، قابل تعمیم به سیستم‌های باز نخواهد بود و آشکار است که جهان را به‌مثابه یک کل، نمی‌توان یک سیستم بسته در نظر گرفت؛ پس این قانون در آنجا بی‌اثر خواهد بود (Davies,1983,175).

این اشکال مشهورترین اشکالی است که به کاربرد قانون ترمودینامیک، در ابعادی در حد کل جهان گرفته شده است؛ اما برخی قائلین برهان خلقت آنتروپیک، برای پاسخ‌گویی به این اشکال، آثاری منتشر کرده‌اند؛ ازجملهٔ آن‌ها می‌توان به فرانز برنتانو[1] فیلسوف آلمانی اشاره کرد که در کتاب خویش با عنوان معماهای جهان اثبات کرد که نتیجهٔ قانون آنتروپی، آغاز جهان و مرگ حرارتی است، خواه این جهان از جهت اندازه محدود باشد، خواه نباشد (Kragh,2007,376).

از طرفی اگر نظریهٔ انفجار بزرگ[2] را بپذیریم، براساس آن، این عالم محدود و همواره در حال انبساط است؛ اما این‌گونه نیست که بی‌انتها باشد و لذا می‌توان کل این جهان را به‌مثابه یک سیستم بسته در نظر گرفت که با خارج از خود تبادلی نخواهد داشت.

د. یکی از بهترین راه‌حل‌هایی که برای حل این تعارض داده‌شده، راه‌حلی است که دانشمندی به نام کریجن[3] ارائه می‌کند. وی بیان می‌کند که آنتروپی به سنجش بی‌نظمی

1. Franz von Brentano.
2. Big bang theory.
3. Craigen.

شهره شده است و واقعاً هم همین‌طور است؛ اما به این معنا نیست که آنتروپی خودش نیز بی‌نظم است. در توضیح بیشتر این راه‌حل، این‌گونه توضیح می‌دهد که ما با سه واژهٔ Order، disorder و Design مواجه هستیم. اولی (Order) به ترتیبی از اجزاء سیستم اطلاق می‌شود که با قاعده‌ای نظم‌دهنده، تبیین بپذیرد؛ دومی (disorder) به حالتی گفته می‌شود که نتوانیم اجزاء را با قاعده‌ای نظم‌دهنده، تبیین کنیم؛ در نهایت سومی (Design) به حالتی گفته می‌شود که اجزاء به‌گونه‌ای قرار گیرند که معنا و مفهوم خاصی را برسانند، به‌نحوی که ما یقین کنیم طراح هوشمندی در پشت این صحنه قرار دارد.

به بیان وی اینجا باید دقت شود که مقصود از آنتروپی disorder است نه Design و نظمی که در برهان نظم مطرح می‌شود Design است و نه order. در واقع گاهی در یک سیستم بسته با افزایش آنتروپی مواجهیم؛ اما از طرفی درحال رسیدن به‌تعادل ترمودینامیکی هستیم. در این حالت ظاهر امر نوعی بی‌نظمی یا disorder است؛ لکن در واقع ممکن است با نوعی تدبیر مواجه باشیم که حکایت از Design و طرح و نقشه‌ای هدف‌دار داشته باشد (رامین، ۱۳۹۰، ۷۶).

در واقع بی‌نظمی در آنتروپی و نظم در برهان نظم، با هم نوعی هم‌پوشانی دارند که در سیستمی با ابعاد این جهان، ما دقیقاً در همان محل هم‌پوشانی قرار داریم. بدین‌معنا که بی‌نظمی در عالم روبه فزونی و آنتروپی درحال افزایش است؛ ولی نحوهٔ مدیریت عالم به‌گونه‌ای است که منجر به وجود حیات در این کرهٔ خاکی شده است و این حکایت از یک ناظم مدبر دارد تا بتواند این سیستم کلان را طراحی و مدیریت کند.

مزیت این روش بر روش‌های پیشین این است که در اینجا نیازی نیست برای حفظ برهان نظم، اصل آنتروپی را زیر سؤال ببریم و ضمن حل این تعارض، هر دو روش را در مسیر اثبات وجود خداوند حفظ کنیم؛ پس نتیجه‌ای که از این قسمت می‌توان گرفت این است که برهان نظم نمی‌تواند چالشی پیش‌روی قانون دوم ترمودینامیک باشد؛ چراکه با تعریف درستی از نظم، خواهیم توانست همچنان از هر دو برهان، برای اثبات وجود خدا بهره بگیریم و نیازی نخواهد بود که یک برهان را فدای دیگری کنیم.

چالش فرگشت[1]

پیش‌تر بیان شد که براساس قانون دوم ترمودینامیک، اشیاء همواره به‌سمت فرسودگی پیش می‌روند و به عبارتی، آنتروپی همواره در حال افزایش است. از طرفی نظریهٔ

1. Evolution.

فرگشت مدعی است که ارگانیزم‌ها در یک روند بلندمدت از سادگی به‌سمت پیچیدگی درحال پیشرفت هستند؛ بنابراین به نظر می‌رسد که قانون دوم ترمودینامیک در اینجا نیز با نظریهٔ فرگشت تعارض خواهد داشت؛ زیرا قانون آنتروپی با تکامل ارگانیزم‌های ابتدایی به‌سمت موجودات پیچیده‌ای مثل انسان مخالفت دارد.

در یک تقسیم‌بندی، خلقت‌گرایان در تعامل با مسئلهٔ فرگشت به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف) دستهٔ نخست: خلقت‌گرایانی هستند که معتقدند، هیچ تعارضی میان دین و نظریهٔ فرگشت وجود ندارد و در واقع نظریهٔ تکامل، نوعی بیان علمی از نحوهٔ آفرینش در دین را ارائه می‌دهد. در واقع این نظریه آمده است تا روش آفرینش خداوند در خلقت این عالم را به روشی علمی توضیح و تبیین کند. از آن سو خداوند نیز در جهان مؤثر است و دخالت‌هایی دارد؛ اما این دخالت از طریق موافقت با آنچه در جریان طبیعی عالم که علم نیز بخشی از آن را کشف کرده، صورت می‌پذیرد (Welch,1996,32).

برخی از کسانی که در این گروه قرار می‌گیرند نیز معتقدند که باید متدینین، دیدگاه‌های سنتی خویش را در برابر یافته‌های جدید علمی اصلاح‌کرده و در پرتو پیشرفت‌های علوم جدید، فهم خویش را از مسئلهٔ خلقت و ارادهٔ الهی تغییر دهند (Barbour,1989,27).

از نظر این گروه، چه ایرادی وجود دارد که بگوییم، نحوهٔ خلقت عالم توسط خداوند درست به همان صورتی است که در نظریهٔ تکامل بیان شده است و در واقع ابتدا موجودات تک‌سلولی و با ساختارهای بسیار ساده خلق شده‌اند و به‌تدریج این مخلوقات روند پیشرفت داشته‌اند و به‌سمت پیچیده‌شدن پیش رفته‌اند. اگر ما معتقد هستیم که خداوند قادر مطلق است؛ پس باید به هر نحوی که می‌خواهد بتواند عالم را خلق کند و چرا باید بر آفرینش ناگهانی و یک‌جای عالم اصرار بورزیم؟ (رامین،۱۳۸۹، ٤١)

به اعتقاد این گروه آنچه در نظریهٔ تکامل با عنوان «جهش ژنتیکی اتفاقی» یاد می‌شود، معنای خاصی دارد و کلمهٔ «اتفاقی» در اینجا اصلاً به معنای عدم نظارت و هدایت خداوند نیست و با دیدگاه خداباوری ناسازگار نیست (پلانتینگا، ۱۳۸۰، ١٦٠).

ب) دستهٔ دیگر خلقت‌گرایانی هستند که معتقدند میان وجود خداوند و آموزهٔ آفرینش از یک سو و نظریهٔ تکامل ازسوی‌دیگر، تعارض برقرار است و پذیرش هرکدام لاجرم به نفی دیگری منجر خواهد شد؛ بنابراین این گروه سعی کرده است تا جایی که در توان دارد، اشکالات و تناقضات نظریهٔ تکامل را کشف‌کرده و در مسیر ابطال آن قدم

بردارد تا از این رهگذر بتواند، به‌زعم خویش از وجود مدبّری دانا و توانا در عالم دفاع کند (رامین، ۱۳۸۹، ٤٢).

پس نزاع اصلی، میان گروه دوم خلقت‌گرایان و طرفداران نظریهٔ تکامل است که هرکدام ادله‌ای ارائه کرده‌اند. از میان ادلهٔ گروه نخست، تعارض قانون دوم ترمودینامیک و نظریهٔ فرگشت از مشهورترین آن‌هاست که مفاد آن پیش از این گذشت.

در بررسی دیدگاه گروه دوم خلقت‌گرایان، چند نکته حائز اهمیت است:

۱. یکی از نکاتی که خلقت‌گرایان به آن توجه نکرده‌اند این است که براساس آنچه در قانون آنتروپی مطرح است، این قانون تنها در سیستم‌های بسته‌ای که هیچ‌گونه عامل خارجی در آن دخالت ندارد، جاری است و در صورت دخالت عامل خارجی، ممکن است آنتروپی کاهش یا افزایش یابد و دیگر از این قانون پیروی نخواهد کرد (Davies,1983,175).

در خصوص نظریهٔ تکامل نیز باید به این نکته توجه کرد که براساس قانون آنتروپی، جهان ازجمله کرهٔ زمین باید رو به نابودی و فرسودگی پیش برود؛ اما نباید کرهٔ زمین را به‌مثابه یک سیستم بسته در نظر گرفت؛ چراکه در این سیستم، یک عامل بیرونی بسیار قدرتمند و پرانرژی به نام خورشید دخالت دارد که انرژی حاصل از آن باعث شکل‌گیری حیات و تکامل خواهد بود. این مطلب پذیرفته است که هرگاه انرژی این منبع بزرگ به انتها برسد، حیات این کرهٔ خاکی نیز به انتها خواهد رسید و آنچه حاکم خواهد شد، همان قانون دوم ترمودینامیک خواهد بود؛ لکن زمان آن هنوز فرا نرسیده است (Ibid).

از طرف دیگر درست است که مطابق با قانون دوم، موجودات زنده نیز مدام درحال بی‌نظم‌ترشدن و افزایش آنتروپی کل بدن خود هستند و مدام درحال رسیدن به تعادل ترمودینامیکی و همان مرگ هستند؛ ولی آن‌ها خاصیت جالبی به نام خودساختاردهی دارند که می‌توانند با استفاده از مواد غذایی، که ساختار پیچیده و منظم و کم‌آنتروپی دارند، تعادل ترمودینامیکی خود را به تعویق بیندازند؛ زیرا مواد غذایی انرژی متمرکز و مفیدی دارند. آروین شرودینگر در سال ۱۹۴۴ در کتاب حیات چیست؟ این حقیقت را با این جمله بیان می‌کند که موجودات زنده از «آنتروپی منفی» تغذیه می‌کنند؛ درنتیجه تغذیه و تنفس موجود زنده عبارت است از: واردکردن مواد کم‌آنتروپی به بدن و در نهایت پایین‌آوردن آنتروپی کل بدن خود که البته این کار به بهای مصرف انرژی زیاد از طبیعت و بی‌نظم‌ترکردن طبیعت می‌انجامد که در مجموع علی‌رغم اینکه آنتروپی بدن موجود زنده پایین‌آمده؛ ولی آنتروپی کلی طبیعت بالا رفته است.

(2017/02 https://www.wired.com//life-death-spring-disorder)

۲. نکتهٔ مهم دیگر این است که ذات نظریهٔ تکامل، با تصادف و شانس پیوند خورده است و خیلی از تغییرات جهان براساس جهش‌هایی است که طبق شانس روی داده‌اند؛ اما این مهم نباید فراموش شود که بر فرض در یک ارگانیسم منظم پیچیده‌ای که در این عالم وجود دارد، تعداد بسیار زیادی حالت‌های نامنظم روی داده‌اند که در نهایت به‌وسیلهٔ انتخاب طبیعی از بین رفته‌اند و این رویدادهای نامنظم در واقع همان افزایش آنتروپی را می‌رسانند؛ بنابراین حتی اگر بپذیریم که قانون آنتروپی در این کرهٔ خاکی حکم‌فرماست، باز هم تعارضی میان این قانون و نظریهٔ تکامل رخ نخواهد داد. بدین‌معنا که مثلاً اگر در بین ۱۰۰۰ حالت رخ داده، ۹۹۹ تا از بین بروند و تنها یکی به حیات ادامه بدهد، فقط همان یکی باعث کاهش آنتروپی شده و مابقی به افزایش آنتروپی کمک کرده‌اند و لذا در مجموع افزایش آنتروپی خواهیم داشت و این مسئله نیز با قانون آنتروپی، کاملاً هماهنگی دارد (Davies,1983,166).

پس چالش فرگشت نیز نخواهد توانست، قانون دوم ترمودینامیک را زیر سؤال ببرد و برخی معتقدند که موجودات جاندار از این قانون مستثنا هستند؛ لکن نشان دادیم که این قانون در میان موجودات جاندار نیز برقرار است و نیازی به تخصیص زدن این قانون نخواهیم داشت.

چالش شیطانک ماکسول

این مطلب بیان شد که بنا بر این قانون، گرما همواره از جسم گرم به جسم سرد انتقال می‌یابد و خیلی بعید است که عکس این اتفاق بدون دخالت عاملی خارجی رخ دهد. خیلی بعید است که فنجان قهوه، گرمای اتاق را بگیرد و گرم‌تر شود و همین‌طور خیلی بعید است که یخچال بدون دریافت انرژی خارجی، اشیاء داخلش را سرد کند؛ زیرا همهٔ این‌ها قانون دوم را نقض می‌کنند.

از حدود ۱۸۵۰ میلادی که اولین صورت‌بندی قوانین ترمودینامیک انجام شد، همواره فیزیک‌دانان به این مسئله فکر می‌کنند که آیا راهی برای نقض قوانین ترمودینامیک مخصوصاً، قانون دوم وجود دارد یا خیر؟ جالب است که هنوز بیش از دو دهه از این تاریخ نگذشته بود که فیزیک‌دانی اسکاتلندی به نام ماکسول ادعا کرد که آزمایشی طراحی کرده است که به لحاظ نظری، امکان نقض قانون دوم ترمودینامیک را فراهم می‌کند.

فرض کنید یک محفظهٔ پر از گاز داریم که به‌وسیلهٔ یک صفحه به دو نیم تقسیم شده است. درون این محفظه یک سوراخ وجود دارد که امکان تردد مولکول‌های گاز را می‌دهد. موجودی که توسط ویلیام تامسون علی‌رغم میل ماکسول، شیطانک نامیده شد،

در کنار این سوراخ ایستاده و به هر مولکولی اجازهٔ تردد نمی‌دهد. همه‌چیز در اختیار اوست. او به قسمت A علاقهٔ بیشتری دارد؛ پس به هر مولکولی که در محفظهٔ B سرعتی بیش از سرعت متوسط داشته باشد، اجازه می‌دهد که وارد محفظهٔ A شود و از طرفی هر مولکولی که در محفظهٔ A سرعتش کمتر از سرعت میانگین باشد، اجازهٔ ورود به محفظهٔ B را می‌دهد. به‌مرور محفظهٔ A گرم‌تر و محفظهٔ B سردتر می‌شود و آنتروپی آن کاهش می‌یابد و از این سیستم می‌توان کار استخراج کرد. این بدین‌معناست که شیطانک ماکسول توانست از سیستمی که در تعادل گرمایی قرار داشت، کار استخراج کند و این یعنی نقض قانون دوم ترمودینامیک (Daub, E. E.1967,293).

این کار فقط به دو دلیل ممکن است. نخست، شیطانک از ما اطلاعات بیشتری دارد: او می‌تواند تک‌تکِ ملکول‌ها را به‌طور منفرد ببیند، نه صرفاً میانگین‌های آماری آن‌ها را؛ دوم، او هدف دارد: برنامه‌ای برای جداسازی گرم از سرد. او با بهره‌برداری از دانشش همراه با هدف، می‌تواند از قوانین ترمودینامیک سرپیچی کند.

لئوسیزارد[1] در مقاله‌ای که در سال ۱۹۲۹ منتشر کرد، مدعی شد هیچ تناقضی میان قانون آنتروپی و شیطانک ماکسول وجود ندارد؛ ولی حدوداً صد سال زمان برد تا دانشمندان پی ببرند که پیاده‌سازی شیطانک ماکسول امکان‌پذیر نیست. دلیلش این است که پیوندی ژرف بین ترمودینامیک و پردازش اطلاعات، یا به‌دیگر سخن، محاسبه، وجود دارد. رولف لانداور فیزیک‌دان آلمانی‌آمریکایی نشان داد که حتی اگر شیطانک بتواند اطلاعات را گردآوری کند و در را (در شرایطی که اصطکاک وجود ندارد) بدون صرف انرژی حرکت دهد، سرانجام باید هزینه‌ای پرداخت شود. از آنجا که او نمی‌تواند حافظهٔ نامحدود دربارهٔ هر حرکت ملکولی داشته باشد، باید گهگاه حافظهٔ خود را پاک کند؛ یعنی آنچه را دیده است، فراموش و دوباره آغاز کند، قبل‌از آنکه بتواند به ذخیره‌سازی انرژی ادامه دهد. عمل حذف اطلاعات، هزینه‌ای اجتناب‌ناپذیر دارد: این کار انرژی را هدر داده و بنابراین آنتروپی را افزایش می‌دهد. تمام موفقیت به‌دست‌آمده در برابر قانون دوم، ناشی از کار ماهرانهٔ شیطانک، توسط «حد لانداور»[2] خنثی می‌شود

1. Leo Szilard.

۲. حد لانداور، یک اصل فیزیکی است که بیان می‌کند برای پاک‌کردن یک بیت از اطلاعات به‌طور متوسط دست‌کم kT ln 2 انرژی در محیط تلف می‌شود. در این فرمول k ثابت بولتزمن (تقریباً ۱٫۳۸×۱۰−۲۳ J/K) و T دمای محیطی است که داده‌ها در آن پاک می‌شوند (برحسب کلوین). این اصل را می‌توان هم با کمک قانون دوم ترمودینامیک و هم با کمک تحلیل‌های مایکروسکوپیک (مستقل از قانون دوم ترمودینامیک) به دست آورد.

و این عبارت است از: هزینهٔ متناهی حذف اطلاعات (به‌طور کلی‌تر، تبدیل اطلاعات از صورتی به صورت دیگر).[1]

(2017/02 https://www.wired.com/life-death-spring-disorder)

البته نقدهای دیگری هم به آزمایش شیطانک ماکسول وارد شده است؛ برای نمونه گفته شده است که در ترمودینامیک آماری، وقتی دمای مشخصی را به سیستم نسبت می‌دهیم، بدین‌معناست که انرژی جنبشی متوسط مولکول‌های سیستم، مقدار مشخصی است و در اینجا متوسط بدین‌معناست که اگر انرژی کل سیستم را به دست آوریم و تقسیم بر تعداد مولکول‌های موجود کنیم، انرژی هر مولکول به دست خواهد آمد و به این معنا نیست که مولکول‌ها دارای انرژی‌های مختلفی هستند که اگر آن‌ها را جمع و تقسیم بر تعداد کل آن‌ها کنیم، انرژی جنبشی متوسط کل سیستم به دست بیاید؛ لذا چون همهٔ مولکول‌ها انرژی جنبشی یکسانی دارند، عملاً شیطانک ماکسول فرصتی نخواهد یافت تا مولکول‌ها را جابه‌جا کند و آنتروپی درون محفظه را تغییر دهد (Ibid).

می‌توان نتیجه گرفت که چالش شیطانک ماکسول نیز تهدیدی جدی برای قانون دوم ترمودینامیک نخواهد بود. همچنان دانشمندان به‌صورت تئوری درصدد برهم‌زدن قانون دوم به‌وسیلهٔ این نظریهٔ هستند؛ اما بعداز گذشت بیش از یک قرن، همچنان راه به جایی نبرده‌اند.

چالش فیزیک کوانتوم[2]

زمانی که بشر در قرن ۱۹ به قوانین ترمودینامیک دست پیدا کرد، نه از نظریهٔ نسبیت خبری بود و نه از فیزیک کوانتوم. از آن زمان تابه‌حال، تصور دانشمندان این بود که قوانین ترمودینامیک در تمام ابعاد جهان و در تمام زمان‌ها جاری است و به هیچ‌روی

---

۱. در سال ۲۰۱۶ دانشمندان اعلام کردند که راهی برای نقض قانون ترمودینامیک از طریق قضیهٔ ماکسول یافته‌اند. به این منظور، آن‌ها نظریهٔ اطلاعات کوانتومی مبتنی‌بر سیستم‌های ریاضی مجرد را به فیزیک حالت جامد، اعمال کردند. فیزیک حالت جامد، زمینه‌ای است که آزمایش‌ها و بررسی‌های زیادی روی آن انجام شده است. این کار به دانشمندان، اجازه می‌دهد تا نسخهٔ کوانتومی قضیهٔ اچ (قضیهٔ اچ کوانتومی) را فرمول‌بندی کنند که با مشاهده‌پذیرهای فیزیکی در ارتباط است؛ بنابراین قضیهٔ اچ کوانتومی، پلی را بین فرایندهای فیزیکی و نظریه‌های اطلاعات کوانتومی، ایجاد می‌کند. این پژوهش نشان می‌دهد که در شرایط معینی، می‌توانیم قضیهٔ اچ را دور بزنیم. به عبارتی، ممکن است نقض قانون دوم ترمودینامیک، رخ دهد؛(G. B. LesovikT 2016,2) لکن این امر هنوز در عالم واقع، محقق نگشته است.

۲. برای نگارش این قسمت، از دو مقاله زیر استفاده شده است.

- Fluctuating States: What is the Probability of a Thermodynamical Transition?
- H-theorem in quantumphysics

این دو مقاله در سال ۲۰۱۶ به ترتیب در نشریه‌های Physical Review X و Scientific Reports انتشار یافته است.

این قوانین نقض‌شدنی نیستند؛ لکن با ظهور فیزیک کوانتوم، ساختمان تصورات بسیاری از دانشمندان علم فیزیک فروریخت و پی بردند که خیلی از قوانین فیزیک در برخی شرایط دیگر، کارایی لازم را نخواهند داشت.

قانون دوم ترمودینامیک بیان می‌کند که پیکان زمان، همواره از گذشته به‌سمت آینده در حرکت بوده و محال است این روند معکوس شود. در واقع اغلب قوانین فیزیک، هیچ تفاوتی میان گذشته و آینده قائل نیستند و مستقل از زمان هستند؛ برای مثال اگر معادله‌ای حرکت دو توپ بیلیارد را نمایش دهد، می‌توان همان معادله را در جهت معکوس به کار برد و حرکت بازگشت توپ‌ها را براساس آن محاسبه کرد و اگر کسی فیلم هر دو رویداد را چه در حالت اصلی و چه در حالت معکوس ببیند، متوجه نخواهد شد که جهت اصلی کدام بوده است؛ لکن اگر توپ‌هایی را که به‌شکل مثلثی و منظم در میز بیلیارد قرار گرفته‌اند، با ضربه‌ای پراکنده کنیم و از معکوس آن هم فیلمی تهیه کنیم، قطعاً درک ذاتی ما از قانون دوم ترمودینامیک باعث خواهد شد، فیلم دوم برایمان باورناپذیر و عجیب باشد؛ چراکه براساس این قانون و درک ما از آن، همواره در هر سیستمی، اجزاء ثابت خواهند ماند یا به‌سمت بی‌نظمی پیش خواهند رفت.

از نظر سایر قوانین فیزیک، هیچ مانعی وجود ندارد که توپ‌ها دوباره یک‌جا، به‌صورت منظم جمع شوند یا فنجان چایی سردشده، دوباره داغ شود یا آب ریخته، دوباره به ظرف بازگردد؛ لکن این قانون دوم ترمودینامیک است که جلوی همهٔ این اتفاقات را می‌گیرد؛ لذا دلیل اصلی برخی دانشمندان که معتقدند، ماشین زمان هرگز ساخته نخواهد شد، همین قانون دوم ترمودینامیک است.

حال عده‌ای از دانشمندان فیزیک سعی کرده‌اند، در پژوهشی بررسی کنند که آیا امکان بازگشت زمان، حتی برای کسری از ثانیه وجود دارد یا خیر؟

الکترونی را تصور کنید که از زمان شروع مشاهدهٔ ما در جایش ثابت است و موقعیت فعلی دقیق آن را می‌دانیم؛ اما به‌خاطر قوانین فیزیک کوانتوم، پس‌از حرکت، مکان آن نامعلوم خواهد بود. از طرفی معادلهٔ مستقل از زمان شرودینگر، ناظر این حرکت است و پس‌از حرکت، میزان بی‌نظمی آن مدام بیشتر می‌شود و این شبیه همان چیزی است که در میز بیلیارد مشاهده کردیم و بر اثر قانون دوم ترمودینامیک است.

لکن معادلهٔ مستقل از زمان شرودینگر، تفاوتی میان گذشته و آینده قائل نیست و قابل معکوس‌سازی است و این بدین‌معناست که از نظر ریاضی با یک تغییر مشخص در معادله، می‌توان الکترونی را توصیف کرد که در یک بازهٔ زمانی به عقب حرکت

می‌کند. این اتفاق در طبیعت مشاهده نشده است؛ ولی به‌لحاظ نظری می‌تواند اتفاق بیفتد.

واضح است درصورتی‌که بشر بتواند چنین آزمایشی را عملی کند، به‌معنای آن خواهد بود که مدعای قانون دوم ترمودینامیک در محال‌بودن بازگشت زمان به عقب، حداقل در سطح ذرات زیراتمی، زیر سؤال خواهد رفت و به‌تبع، این مدعا که بگوییم این قانون در همهٔ مکان‌ها و زمان‌ها جاری است، از اعتبار خواهد افتاد و لذا فیزیک کوانتوم را می‌توان یکی از جدی‌ترین چالش‌های این قانون برشمرد.

ممکن است این اشکال به ذهن برسد که این محاسبات، تنها روی کاغذ است و معلوم نیست که روزی برسد که در واقعیت هم اتفاق بیفتد؛ اما این نکته نباید فراموش شود که کمتر از ده‌سال است که بشر به ابزاری برای آزمایشاتی در خصوص سنجش قوانین ترمودینامیکی در ابعاد زیراتمی دست یافته است و آزمایشاتی نیز در این زمینه صورت‌گرفته که ممکن است، صحت این قوانین را خدشه‌دار کنند؛ برای مثال در آزمایشی که در سال ۲۰۱۶ میلادی، برای نگاه‌کردن به یون‌های درون یک کریستال انجام شد، به یون‌ها مقداری انرژی داده شد و سپس منتظر عکس‌العمل آن‌ها ماندند. براساس قانون دوم ترمودینامیک، این یون‌ها همانند یک فنجان قهوه، باید به‌مرور انرژی خویش را ازدست‌داده و سرد می‌شدند؛ ولی در کمال ناباوری مشاهده شد، آن‌ها پس‌از مدتی که انرژی از دست می‌دادند، ناگهان به حالت قبل پرش می‌کردند و علائمی با سطح انرژی بالاتر از خود بروز می‌دادند. این آزمایش می‌تواند اثباتی باشد بر اینکه قوانین ترمودینامیک کلاسیک، همیشه در جهان کوانتومی کار نمی‌کنند.
(Álvaro M. Alhambra,2016,1)

در واقع با تحقیقات محدود فعلی، محققان می‌گویند که موارد نقض قانون دوم ترمودینامیک وجود دارند؛ اما بسیار نادر هستند. آن‌ها به‌دنبال این هستند که بدانند در چه مواردی و با چه احتمالی، ممکن است آنتروپی کاهش یابد. این سؤالات به‌ویژه دربارهٔ سیستم‌های کوانتومی کوچک، بسیار مهم می‌شوند؛ چراکه در این سیستم‌ها، احتمال نقض قانون دوم ترمودینامیک، بسیار بیشتر می‌شود؛ بنابراین آن‌ها فرمول‌بندی‌های جدیدی از قانون دوم ترمودینامیک را ارائه داده‌اند[1] که اطلاعات

۱. قانون دوم ترمودینامیک معمولاً، به‌صورت یک نامساوی بیان می‌شود: مثلاً میزان انرژی جریان‌یافته از یک فنجان قهوهٔ داغ به هوا، باید بزرگ‌تر از صفر باشد؛ اما این قانون را می‌توان به‌صورت یک مساوی هم نوشت که می‌گوید: دقیقاً چه
«ادامه در صفحهٔ بعد»

زیادی را در خود دارند. احتمال و اندازهٔ افت‌وخیزهای کار و گرما را به‌طور چشمگیری، محدود می‌کنند و به ما می‌گویند که افت‌وخیزهای خاصی که قانون دوم ترمودینامیک را نقض می‌کنند، فقط به‌طور نمایی و با احتمال پایین، رخ می‌دهند (G. B. Lesovik, 2016,1).

این دانشمندان معتقدند که قانون دوم ترمودینامیک فقط، در ابعاد کوانتومی ممکن است نقض شود؛ اما ثمرهٔ این حرف این خواهد بود که در هیچ بخشی از جهان، نمی‌توان به‌طور قطعی گفت که بی‌نظمی درحال افزایش یا کاهش است و اگر قانون آنتروپی را پیکان زمان در نظر بگیریم، در همان حالی که بخش‌هایی از جهان، زمان درحال گذر و طی‌شدن است، ممکن است در بخش‌های دیگر، درحال حرکت معکوس به‌سمت گذشته باشد.

نتیجه‌گیری

قانون دوم ترمودینامیک از بزرگ‌ترین اکتشافات بشر در علم فیزیک است که با عمری قریب دو قرن، همچنان توانسته سیطرهٔ خود بر سایر قوانین فیزیک را حفظ کند و از زمانی که این قانون کشف شد تا امروز بسیاری از دانشمندان و متفکرانی که سعی در برقراری رابطه میان یافته‌های علم جدید و گزاره‌های دینی دارند، این فرصت را غنیمت شمرده و از این قانون در جهت اثبات عقاید خویش بهرهٔ فراوان گرفته‌اند.

لکن هرگاه صحبت از نزدیک‌کردن روابط میان علم نوین و گزاره‌های دینی می‌شود، این ریسک همواره وجود دارد که با پیشرفت بیشتر علم و خدشه واردشدن به یافته‌ها و قوانین علمی قبلی، گزاره‌های دینی نیز زیر سؤال رود؛ بنابراین برخی خداباوران، علاقهٔ چندانی به برقراری چنین ارتباطی ندارند. در سوی دیگر برخی نیز بالعکس گمان می‌کنند، با استفاده از یافته‌های قطعی علوم جدید در اثبات گزاره‌های دینی، راه را برای پذیرش افراد سخت‌باور و کسانی که تنها به علم روز ایمان دارند، فراهم‌تر می‌کنند که یکی از آن‌ها ویلیام کریگ است که بنیان استدلالش در اثبات آغازمندبودن جهان را روی دو استدلال فلسفی بنا می‌نهد؛ ولی در ادامه، به یافته‌های علوم نوین روی می‌آورد و از این علوم، دو مؤید نیز می‌آورد.

مقدار انرژی و با چه احتمالی، از هوا به فنجان منتقل می‌شود. این نسخهٔ تساوی قانون دوم ترمودینامیک، بسیار عمومی‌تر است و می‌توان آن را دربارهٔ سیستم‌های کوانتومی به کار برد.

در این نوشتار به‌دنبال بررسی چالش‌های پیشِ‌روی قانون دوم ترمودینامیک بودیم و سعی کردیم درحد توان، میزان جدی‌بودن این چالش‌ها برای قانون دوم را نیز بررسی کنیم. در نهایت به این نتیجه رسیدیم که چالش نخست، یعنی برهان نظم، فرگشت و شیطانک ماکسول در ابتدای امر این‌طور به نظر می‌رسیدند که می‌توانند تهدیدی برای این قانون به‌حساب بیایند؛ اما با بررسی دقیق‌تر پی می‌بریم که می‌توان میان این قانون و چالش‌ها را جمع کرد و هیچ‌کدام توان نقض این قانون را نخواهند داشت. تنها در آخرین چالش است که این احتمال می‌رود در آینده، خطری جدی برای سیطرهٔ قانون دوم بر زمان‌ها و مکان‌های گوناگون باشد؛ چراکه دستِ‌کم این قانون در مقیاس ذرات زیراتمی و در سطح تئوری، به‌وسیلهٔ فیزیک کوانتوم زیر سؤال رفته است.

بنابراین شاید بهتر باشد هنگام استفاده از این قانون در اثبات گزاره‌های فلسفی، با احتیاط بیشتری گام برداریم و همان‌طور که کریگ متوجه اهمیت این مسئله شده بود و استدلالش را پیش‌از این بر پایه‌های فلسفی بنا نهاده بود و یافته‌های علوم جدید را تنها به‌عنوان مؤید آورده بود، ما نیز پا را فراتر ننهیم و به همین میزان اکتفا کنیم.

منابع

۱) اتکینز، پیتر، قانون دوم، ترجمهٔ رامین رامبد، مازیار، ۱۳۹۲.
۲) اشپیتزر، رابرت، نگاهی نو به اثبات وجود خداوند در فیزیک و فلسفه معاصر، ترجمهٔ میثم توکلی بینا، پارسیک، ۱۳۹۹.
۳) بازرگان، مهدی، ذره بی‌انتها، تهران: شرکت سهامی انتشار، ۱۳۴۹.
۴) پلانتینگا، الوین و دیگران، جستارهایی در فسلفه دین، ترجمهٔ مرتضی فتحی‌زاده، قم: اشراق، ۱۳۸۰.
۵) توکلی، غلامحسین، کریگ و برهان کیهان‌شناختی کلام، الهیات تطبیقی، س ۲، ش ۵، صص ۷۳ تا ۹۲.
۶) جوادی آملی، عبدالله، تبیین براهین اثبات خدا، قم: اسراء، ۱۳۷۵.
۷) رامین، فرح، «برهان نظم و قانون دوم ترمودینامیک»، مطالعات اسلامی، س ۴۳، ش ۸۷/۲، صص ۶۱ تا ۸۲.
۸) رامین، فرح، «تکامل گرایی الحادی در بوته نقد»، الهیات تطبیقی، ش ۱، بهار ۱۳۸۹، صص ۳۷ تا ۵۸.
۹) کریگ، ویلیام، پرسش نهایی از سرآغاز: خدا و آغاز جهان، الهیات و تکامل دارویني (مجموعه مقالات)، ترجمهٔ روزبه زارع، امیرکبیر، ۱۳۹۸.
۱۰) نوایی، جواد و سید محمدکاظم علوی، «بررسی برهان خلقت آنتروپیک»، آموزه‌ها یا آموزه‌های فسلفهٔ اسلامی، دورهٔ ۱۴، ش ۲۵، صص ۲۰۷ تا ۲۲۵.
۱۱) نوائی، جواد، «مرگ حرارتی و پیامدهای الهیاتی آن»، پژوهشنامه فلسفه دین، س ۱۷، ش ۱، صص ۲۳۳ تا ۲۵۳.

12) Barbour, Ian G, "Religion in an Age of Science", in "The Gifford Lectures", (Sanfrancisco: Harper, 1989-1991)
13) Davies, Paul, "God and the New Physics", Vol.2 (New York: Simon and Schuster,1983)
14) Clausius, R.1868. "On the Second Fundamental Theorem of The Mechanical Theory of Heat" Philosophical Magazine 239: 405-419
15) Kragh, H. 2008. Entropic Creation: Religious Contexts of Thermodynamics and Cosmology. England: Ashgate.
16) Michaelides, E. E. 2008. “Entropy, Order and Disorder.” The Open Thermodynamics Journal 2(1): 7-11.
17) Thomson, W. 1853. “On the Dynamical Theory of Heat, with numerical results deduced from Mr Joule's Equivalent of a Therma.” Transactions of the Royal Society of Edinburgh 20(2): 261-288.
18) Thomson, W. 1862. "On the Age of the Sun’s Heat." Macmillan's Magazine 5: 388-393.
19) Popper, Karl Raimond, The Logic of Scientific Discovery, London, Routledge and Kegan Paul, 1963.

20) Craig, William Lane. (1979)."Wallace Matson and the Crude Cosmological Argument." Australasian Journal of Philosophy 57: 163 -170.
21) Mihai D. Vidrighin, Photonic Maxwell's Demon, PHYSICAL REVIEW LETTERS, PRL 116, (2016)
22) Álvaro M. Alhambra, Fluctuating States: What is the Probability of a Thermodynamical Transition, PHYSICAL REVIEW X, (2016)
23) http://www.mhtl.uwaterloo.ca/courses/me354/history.html