

فصلنامه علمی-پژوهشی آیین حکمت

سال هشتم، زمستان ۱۳۹۵، شماره مسلسل ۳۰

نقد و بررسی ماهیت گرانش از منظر فلسفه و فیزیک

تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۲۲

تاریخ تأیید: ۹۳/۱۱/۳۰

* حبیب‌الله رزمی

** احمد عابدی ارانی

*** محسن فیروزی

در این مقاله، نخست، دیدگاه فلسفه، به‌ویژه مشاء، دربارهٔ علت سقوط اشیاء و گردش افلاک مورد بررسی اجمالی قرار می‌گیرد و، سپس، به دیدگاه‌های مشهور فیزیک نسبت به «جاذبهٔ عمومی» یا «گرانش»، پرداخته می‌شود. قصد ما توجه دادن به این نکته است که گرچه «گرانش» قدیمی‌ترین و ابتدایی‌ترین اندرکنش شناخته‌شدهٔ مورد مطالعه و مذاقه هم فلاسفه و هم فیزیکدانان است، اما ماهیت آن هنوز کاملاً شناخته‌شده نیست. مهم‌ترین نقد ما بر نظریهٔ نسبیت عام، به‌عنوان جدیدترین نظریه استاندارد در توصیف گرانش، این است که گرچه «خاصیت هندسی فضا - زمان» عملکرد گرانش را به‌خوبی توصیف و پیش‌بینی می‌کند، اما چندان توضیحی در مورد ماهیت آن نمی‌دهد. به نظر ما، فلسفه علت و ماهیت گرانش را عمده‌تاً در درون شیء لحاظ کرده است، در حالی که فیزیک علت این امر را بیشتر در بیرون شیء بررسی و جستجو می‌کند. به نظر می‌رسد

* دانشیار گروه فیزیک دانشگاه قم.

** دانشیار گروه فلسفه دانشگاه قم.

*** دانش‌آموخته کارشناس ارشد دانشگاه قم.

برای روشن شدن هر چه بهتر موضوع، لازم است با در نظر گرفتن دیدگاه فلسفه نسبت به طبیعت و درون شیء، ابتدا، «ماهیت جرم» مورد بررسی دقیق قرار گیرد. برای این منظور، بهتر است فیزیکدانان علاوه بر نگاه صرفاً سطحی ریاضی وار و تجربه گرا، به ماهیت فلسفی این موضوع نیز توجه ویژه داشته باشند و فلاسفه نیز از فرصت ویژه‌ای که با کشفیات، به خصوص رصدهای جدید، بر اساس فیزیک و فناوری‌های جدید درباره شناخت عالم طبیعت و خواص جاذبه و گرانش در عصر جدید دست داده بهره کافی برند و مفاهیم و دیدگاه‌های فلسفی خود را به روز کنند و تعمیق بخشند، تا بتوان با استفاده از یک نگاه عمیق دوجانبه (فلسفی و فیزیکی)، ماهیت گرانش را بهتر شناخت.

واژگان کلیدی: ماهیت گرانش (جاذبه)، نسبیت عام، خاصیت هندسی فضا -

زمان، میل طبیعی، مکان طبیعی، طبیعت جسم.

مقدمه

یکی از مسائل بنیادین و رازآمیز جهان هستی مسئله گرانش است. گرانش عمومی ترین نیرو یا خاصیت در عالم است که در همه چیز و همه جا نفوذ دارد و موجب قوام و انتظام جهان ماده می شود. برخلاف تصور عموم، این مسئله از قدیم الایام مورد توجه فلاسفه و متفکران مختلف بوده است. از حدود ۲۵ قرن پیش تاکنون، بزرگانی همچون ارسطو، نیوتن و اینشتین آرای متنوعی در چپستی و علت گرانش داده‌اند. با این حال، گرانش ملموس ترین و، در عین حال، مرموزترین پدیده‌ای است که به دلیل وجود مسائل متعدد هنوز حل نشده‌ای، مانند مسائل مربوط به موضوعات ماده تاریک، انرژی تاریک، آشکارسازی قطعی امواج گرانشی و گرانش کوانتومی، ماهیت و منشأ آن شناخته شده نیست، تا جایی که امروزه حتی برخی از فیزیکدانان - مانند اریک ورلینده از دانشگاه آمستردام هلند

و برندهٔ جایزه اسپینوزا^۱ - شاید به دلیل آنکه هنوز موفق به کشف نظریهٔ گرانش کوانتومی نشده‌اند یا صرفاً منشأی هندسی برای آن قایل‌اند، بدین سو گرایش پیدا کرده‌اند که ممکن است گرانش اصلاً یک اندرکنش بنیادی طبیعت نباشد و، لذا، اصالت و ماهیتی هم نداشته باشد. البته، اغلب دانشمندان به دنبال شناخت هر چه بیشتر و عمیق‌تر آن و جستجوی نظریات کامل‌ترند.

در فیزیک جدید، نظریهٔ نسبیت عام برای توضیح این پدیده به کار می‌رود و در فلسفه، عمدتاً نظریهٔ ارسطو توجیه‌کنندهٔ این امر و محور نظر سایر فلاسفه و طبیعی‌دانان قدیم در این باب بوده است. لازم به یادآوری است که گرانش یا جاذبه مفهومی متأخر است و در نظر ارسطو و سایر فلاسفهٔ قدیم، بیشتر، «عامل حرکت» - که شامل علت سقوط اشیاء و گردش افلاک نیز می‌شود - مطرح و بررسی شده است. با این حال، می‌توان بررسی «عامل یا علت حرکات طبیعی»، به‌ویژه میل درونی شیء در سقوط اشیاء را، مرادف با بررسی «چیستی و چرایی گرانش یا جاذبه» در نظر گرفت.

۱. عامل حرکات طبیعی (یا چیستی و چرایی گرانش) از منظر فلاسفهٔ مشاء

قرن‌ها پیش از میلاد، نخستین بار، فیلسوفان و متفکران مختلفی که اوج آنها در ارسطو و حکمت مشاء بود، هر یک به نحوی، به تبیین مسئلهٔ گرانش (یا ثقل) پرداختند و اشاره‌هایی ناقص و مبهم بدان کردند، تا اینکه این مسئله در مکتب مشاء تجمیع و تکمیل شد و نظام یافت. فلاسفه و متفکران باستان از تالس ملطی

۱. اریک ورلینده (Eric Verlinde) معتقد است گرانش یک اثر و پدیده اصلی و واقعی

طبیعت نیست، بلکه یک اثر ثانویه و ناشی از ترمودینامیک است. (see: Verlinde, 2011)

به بعد هر یک به دنبال آرچه^۱ یا اصل جهان و چگونگی پدید آمدن اشیاء و حوادث گوناگون بودند. ارسطو نظریه عناصر اربعه امپدوکلس (آب، خاک، هوا و آتش) را - که یک به یک به وسیله متفکران قبل از او به عنوان آرچه مطرح شده و در امپدوکلس کامل گشته بود - پذیرفت، اما آنها را تنها به عنوان یکی از «علل اربعه» (یعنی علت مادی) در نظر گرفت. او معتقد بود که هر پدیده طبیعی دارای چهار علت اساسی (مادی، صوری، فاعلی و غایی) است. لذا، شناخت جوهره و ماهیت پدیده‌های مختلف در گرو شناخت و بررسی تمامی علل آنها است. (ارسطو، ۱۳۷۷: ۱۱-۴۴)

البته، علل اربعه با هم و در کنار هم منشأ اثرند و با هم پوشانی یکدیگر عمل می‌کنند، به خصوص در مورد چرایی و چگونگی سقوط اشیاء که این علل در طبیعت جسم متبلور می‌شوند.

از طرف دیگر، جهان در نظر ارسطو به دو منطقه تحت قمر و فوق قمر تقسیم می‌شد، که اولی از عناصر اربعه (عناصر فسادپذیر و متغیر) تشکیل شده بود و دومی از جنس اثیر یا عنصر پنجم و لایتغیر (فسادناپذیر). عناصر اربعه، هر یک، مکان طبیعی خاص خود را داشتند، به صورت آب روی خاک، هوا روی آب و آتش روی هوا. حرکت اجسام نیز سه گونه بود: طبیعی، قسری و ارادی. بنابراین، فقط برخی حرکات و حوادث «طبیعی» بودند و، لذا، علتی طبیعی داشتند و می‌بایست علت آنها را در خود آنها یافت، مثل سقوط سنگ و بالا رفتن آتش. (رنان، ۱۳۸۴: ۱۴۸-۱۴۵)

سنگینی و سبکی اجسام و ترتیب مکان طبیعی آنها نیز با توجه به غلظت و

۱. arkhe: مبدأ، آغاز، اصل، ریشه، ماده‌المواد.

رقت عناصر مختلف و اینکه جسم از کدام یک از عناصر اولیه و با چه ترکیبی از آنها ساخته شده است تفسیر می‌شد، به طوری که خاک که از همه غلیظتر و سنگین تر است پایین ترین یا مرکزی ترین جایگاه را دارد. پس، برای همین است که آب یا سنگ - که از هوا غلیظتر و سنگین ترند - وقتی در میان [یعنی در جایگاه] هوا قرار بگیرند، میل به طرف پایین رفتن دارند (حرکت فروسو یا میان‌گرا)، و حرارت یا آتش و همچنین هوایی که در آب داخل شده میل دارند به طرف جایگاه خود که بالاتر است برگردند (حرکت برسو یا میان‌گریز).
(ابن سینا، ۱۳۸۳: ۱۰-۱۳)

بدین ترتیب، ارسطو و مشاء علت سقوط اشیاء را میلی درونی یا میلی طبیعی که در جهت رسیدن به غایت و جایگاه طبیعی خود عمل می‌کند دانستند. به طور کلی، آنها گرانش یا ثقل را محصور و مختص در زمین (یا فلک تحت قمر) و به سوی مرکز آن می‌دانستند، زیرا بر اساس نظریات آن روزگار، زمین را مرکز عالم و حرکات آن می‌پنداشتند و حرکت چرخشی افلاک را نیز، در زنجیره‌ای از حرکات متداخل، به منشأی از بیرون - یعنی به محرک اول که خود متحرک نیست [، زیرا در غیر این صورت، تسلسل لازم می‌آید] - و البته این را نیز به نیرویی از درون (چونان عشق به معشوق) نسبت می‌دادند. لذا، این دو مسئله - یعنی سقوط اجسام به طرف زمین و گردش افلاک به گرد آن - در نظر مشاء دو حرکت کاملاً جدا از هم تلقی می‌شد.

بنابراین، نگاه فلسفه به گرانش با مفاهیم «میل» یا «گرایش درونی» همخوانی دارد، بدین معنا که خود شیء یا چیزی از درون شیء - هر چند برای رسیدن شیء به مقصدی در بیرون - آن شیء را وامی‌دارد که به سمت و سویی که خود

تمایل دارد و طبیعت آن ایجاب می‌کند برود، زیرا طبیعت هر چیزی میل دارد آن را به سوی آخرین مرتبه یا صورت و فعلیتی که برای آن مقدور است ببرد. از این منظر، علت سقوط اشیاء - و به تعبیر ما، گرانش یا جاذبه - این است که یک علت فاعلی درونی، که می‌توان آن را میلی درونی یا طبیعی نام نهاد و در درون اشیاء هست [یا آفریدگار آن را در درون یا سرشت هر شیئی قرار داده] دست در کار می‌شود تا اشیاء را به سوی غایت یا هدف خویش که همان مکان طبیعی شیء است ببرد و بدین نحو، به فعلیت و کمال خود نزدیک‌تر شود.

بنابراین و بر خلاف آنچه در فیزیک مطرح است و خواهیم دید، از نگاه فلسفه، این چیزی «از» یا «در» بیرون نیست که جسم را به سمت و سویی عمدتاً به سوی خود) بکشانند یا در مسیر خاصی سوق دهد، بلکه چیزی «در» یا «از» درون است که جسم را با هدفی درونی و البته به سوی مقصدی [یا به ظاهر، جایگاهی] در بیرون [و در اصل، به سوی صورتی کمالی] می‌راند، اگرچه آن مقصد یا جایگاه بیرونی نیز، به‌عنوان محرک یا مسبب، بی‌تأثیر نیست. پس، در نظر فیلسوفان مشاء، ماهیت گرانش نه به‌عنوان یک نیرویی از بیرون و نه به‌عنوان یک خاصیتی در بیرون - چنان‌که در فیزیک مطرح است - که به‌عنوان «نیرویی و یا حتی خاصیتی در درون شیء یا جسم مجذوب (و متحرک)» مطرح است، که آن را مجموعه‌ای از این عوامل سبب می‌شود و صورت می‌بخشد.

در کل، می‌توان گفت: از نظر فلاسفه و به‌خصوص مشاء، سنگینی و سبکی اجسام و عناصر زمینی و سقوط و صعود آنها و همچنین، گردش اجرام و افلاک سماوی یا اثری امری طبیعی و مربوط به «طبیعت» اشیاء زمینی و سماوی یا کل جهان طبیعت است.

۲. نقد و بررسی فلسفه ارسطویی در باب گرانث

اکنون و با آگاهی از دانش جدید، نقد نظریات قدما و قضاوت در مورد آنها آسان است و، لذا، چندان جایز نیست. به هر حال، آنها توضیحی اساسی و کنهی پیرامون گرانث و ماهیت آن به دست نداده‌اند و گویی با «طبیعی قلمداد کردن این امر»، از کنار این‌گونه مسائل می‌گذرند. اما باید پرسید ذات یا ماهیت این میل یا طبیعت درونی چیست و به چه ترتیب عمل می‌کند؟ کاپلستون می‌گوید: «حقیقت امر این است که ارسطو واقعاً منظور خود را از طبیعت تعریف نمی‌کند.» (کاپلستون، ۱۳۹۱، ج ۱: ۳۶۵)

در هر صورت، توجیه و تبیین فلاسفه از علت سقوط اشیاء و گردش افلاک، قانع‌کننده و کامل نبود. برای همین، نظریه‌های نوین فیزیکی به جای آن نشست. با این حال، کار فلاسفه و ماحصل اندیشه‌های آنان در این باب از چند جهت قابل دفاع و درخور توجه است. از جمله: شروع تفکر علمی و عقلی در باب جهان و پدیده‌های آن از جمله گرانث، تمرکز بر درون و طبیعت شیء (چیزی که دانش امروز نیاز دارد بیشتر بدان توجه کند)، بررسی مسئله حرکت و چستی آن، و تلاش در جهت شناخت اصل یا آرخه جهان. البته، این نقد هم بر فلاسفه متأخر وارد است که چرا راه اسلاف خود را به‌خوبی ادامه ندادند و سعی نکرده یا نمی‌کنند اندیشه‌های خود را در باب طبیعت تصحیح کنند یا توسعه بخشند و متناسب با روند رو به پیش زمان تکمیل نمایند.

۳. گرانث در منظر فیزیک

در گذشته، دانش فیزیک تحت عنوان «طبیعیات» بخشی از فلسفه شمرده می‌شد اما پس از رنسانس رفته‌رفته از فلسفه جدا شد و به صورت دانش مستقلی

درآمد. مسئله گرانش از منظر فیزیک را می‌توان در دو بخش فیزیک کلاسیک یا نیوتنی و فیزیک جدید (به‌ویژه نظریه نسبیت عام) مورد بررسی و مذاقه قرار داد.

۳-۱. فیزیک نیوتنی و کشف قانون جاذبه عمومی

اگرچه نیروی جاذبه زمین از دیرباز برای بشر شناخته شده بود و پس از رنسانس نیز افرادی همچون دکارت و کوپرنیک و کپلر و گالیله به وجود و مفهوم گرانش بسیار نزدیک شده و با کارهایشان زمینه را برای پیشرفت‌های بعدی آماده کرده بودند، ولی این نیوتن بود که، در شاهکار خود: اصول ریاضی فلسفه طبیعی، مفهوم «گرانش عمومی» را مطرح ساخت و با تشریح قوانین حرکت اجسام و پایه‌گذاری علم مکانیک کلاسیک، به تبیین دقیق و فرمول‌بندی گرانش و یکپارچه‌سازی حرکات زمینی و سماوی دست زد.

در حالی که فلاسفه بیشتر بر جسم مجذوب و طبیعت درونی آن تمرکز کرده بودند، با ظهور نیوتن، توجه به جرم جاذب به‌عنوان عامل کشنده بیرونی بیشتر می‌شود. طبق نظریه نیوتن، هر ذره‌ای ذره دیگر را به طور متقابل و به طرف مرکز جرم خود جذب می‌کند، متناسب با میزان جرم آن دو ذره و فاصله میان آنها. بر این اساس، علت «جذب به طرف مرکز جرم»، میانه یا برآیند برداری مجموع نیروهای گسیل از طرف ذرات یک جرم یا سیاره است. به این ترتیب، نیوتن مجموع ذرات یک جرم مثل زمین یا خورشید را کل منسجمی می‌داند که مانند ذره‌ای واحد عمل می‌کند.

نیوتن، در واقع، گرانش و قوانین آن را کشف کرد و، به عبارت دیگر، پی به «وجود» آن برد ولی چندان در مورد «ماهیت» آن توضیحی نداد. البته، او خود نیز بدین امر واقف و در تلاش بود. با این حال، گرانش، در نظر او، نیرویی صرفاً

جذبی با کیفیت نامعلوم که از سوی هر جرم بر جرم دیگر اعمال می‌شود در نظر گرفته شده است. اگرچه نیوتن خود بدان تصریح نکرده، اما چنین برمی‌آید که ماهیت گرانش در نظریه نیوتنی را چیزی با عنوان «خطوط انتقال نیرو با اثر آنی و تأثیر از راه دور» تشکیل می‌دهد.

نظریه نیوتن و فرمول گرانشی او $(F = -G \frac{m_1 m_2}{r^2})$ - که در آن، فقط جرم (m) ، و فاصله یا مکان (r) عوامل اصلی هستند و فاکتور زمان (t) [و نیز سرعت v] در آن جایی ندارد و در نظر گرفته نمی‌شود - این ویژگی [و به باور منتقدانش، به خصوص اینشتین، این اشکال اساسی] را در پی دارد که اگر - بر فرض که - خورشید را از سر جایش برداریم، زمین و سایر سیارات بلافاصله و آن‌ا از این رویداد متأثر می‌شوند و به خارج از مدار خود در راستای خط مستقیم پرتاب می‌گردند. لذا، گفته می‌شود که گرانش در فیزیک نیوتنی اثر آنی دارد، یعنی به طور آنی در سراسر جهان منتقل می‌شود. (کاکو، ۱۳۹۱: ۵۱)

این ویژگی [یا اشکال از نگاه اینشتین] به این سبب است که اولاً نیوتن زمان و مکان را مطلق فرض می‌کند، و ثانیاً، زمان را بعدی جدایی ناپذیر از چهارچوب فضا- زمان در نظر نمی‌گیرد.

همچنین، یکی دیگر از اشکالات این نظریه - که نیوتن خود نیز بدان پی برده بود - این بود که مطابق قانون وی، جهان باید در هم فرومی‌ریخت و به شکل کنونی‌اش پایدار [یا آن‌طور که امروزه آشکار شده، در حال اتساع شتابدار] نمی‌ماند. البته، او خود پاسخی برای این اشکال نیز یافته بود، بدین بیان که جهان و اجرام موجود در آن بی‌نهایت‌اند. پس، ختنی شدن نیروهای گرانشی که از هر طرف به جرم وارد می‌شود سبب حفظ و تعادل جهان است. اما باز خود

می‌دانست که این پاسخ مناسبی نیست و مشکل را افزون‌تر می‌کند. به هر حال، معادلات نیوتن در کیهان‌شناسی و مقیاس‌های کلان با مشکلات جدی مواجه بود، اما مهم‌تر از همه، طبیعت ناشناخته گرانش و این مسئله بود که گرانش چطور آنجا و از فاصله دور اثر می‌کند. این مسائل موجب شگفتی نیوتن و همعصران او شده بود.

پس از این مشکلات، فیزیکدانان به این فکر افتادند: چگونه تأثیر و تأثر فیزیکی (مثل گرانش) می‌تواند بین دو جرم یا دو ذره اتفاق بیفتد، در حالی که آنها به طور مستقیم و از نزدیک با هم تماس نداشته باشند؟! آنها دریافتند که اگر این تأثیر و تأثر فیزیکی - گرانشی بین دو جرم یا دو ذره آنجا و مستقیماً و از طریق تماس نزدیک صورت نمی‌گیرد، پس، باید به سبب چیزی که نقش واسطه‌ای میان این دو ذره دارد صورت پذیرد. این واسطه مفهوم میدان را دربرداشت:

[ابتدا،] فارادی دریافت که وارد کردن مفهوم «میدان»، به‌عنوان جزء مستقلی از واقعیت، در تنظیم حقایق تجربی به او کمک می‌کند، ولی ماکسول بود که به اهمیت مفهوم میدان به طور کامل پی برد. ... بینش جدید (مفهوم میدان میانجی) چشم پوشیدن از فرضیه کنش از راه دور را، دست‌کم در حوزه پدیده‌های الکترومغناطیسی، میسر ساخت. (ایشترین، ۱۳۸۴: ۱۷۶)

به این ترتیب، فیزیکدانان به این باور رسیدند که هر ذره یا جرمی، مانند زمین یا خورشید یا حتی یک اتم، در اطرافش میدانی دارد که این «میدان» نقش واسطه‌ای در انتقال نیرو یا اثر گرانش ایفا می‌کند. این یعنی، برای مثال، فرضاً می‌توان دو جرم یا دو ذره را در فاصله نزدیکی از هم، در یک آن، خلق و فنا کرد، اما هیچ‌کدام هیچ «برهم‌کنش» یا اثری بر هم نگذارند [و به اصطلاح، در آن

لحظه از هم خبردار نشوند]، زیرا در آن فرصت کوتاه، میدان آنها نتوانسته است آنرا تشکیل شود و بر هم اثر کند. این معنا مفهوم میدان و به کارگیری آن در توجیه یا توصیف اعمال اثر گرانش و همچنین میدان مغناطیسی و الکتریکی و غیره را می‌رساند. لازم به ذکر است نظریه نسبیت با مفهوم میدان مشکلی ندارد و آن را می‌پذیرد، اما مفهوم فضا - زمان مطلق نیوتنی را نمی‌پذیرد. (ر.ک. / اینشتین، ۱۳۸۴: ۲۳۰-۲۴۰؛ همو، ۱۳۷۷: ۱۱۱-۲۱۳)

۲-۳. ماهیت گرانش در نظریه نسبیت عام

دو قرن بعد از نیوتن، اینشتین که احتمالاً از همان ابتدا به نقد و تصحیح فیزیک نیوتنی می‌اندیشید، در سال ۱۹۰۵، طی مقاله «در باره الکترو دینامیک اجسام متحرک»، اساس نسبیت خاص را پی ریخت. اصول نسبیت خاص این است که سرعت نور در خلأ محدود و ثابت (مستقل از چهارچوب) است و همچنین قوانین فیزیک برای همه ناظرهای لخت (ناظرهایی با سرعت ثابت)، صرف نظر از میزان سرعت آنها، یک شکل و یکسان است. نتیجه این اصول این است که هم «مکان جسم» تابع زمان است و هم زمان آن تابع مکان. این مطلب در سرعت‌های بالا و نزدیک به سرعت نور نتایج شگفت‌انگیزی از قبیل «انقباض طول» و «انبساط زمان» و همین‌طور «هم‌ارزی جرم و انرژی» را در پی دارد.

بدین ترتیب، این اصل در قانون گرانش نیوتنی که فضا و زمان به طور مطلق و جدا از هم در نظر گرفته می‌شدند در فیزیک نسبیتی با این فکر پایه‌ای جایگزین شد که فضا و زمان نه تنها مطلق نیستند و نسبت به ناظرهای مختلف تغییر می‌کنند و باید به طور نسبی آنها را در نظر گرفت بلکه اساساً از هم جدا نیز نیستند و باید تحت یک واقعیت واحد یعنی «بافتار فضا- زمان» بدان نگریست.

بنابراین، از گره خوردن فضا و زمان در تفکر نسبیتی، بافتار یا پیوستاری چهاربعدی (سه بعد فضایی + زمان) شکل می‌گیرد که به آن چهارچوب فضا - زمانی گفته می‌شود و این چهارچوب برای هر یک از ناظرهای مختلف با سرعت‌های گوناگون متفاوت است، هر چند شکل و ماهیت قوانین فیزیک در آنها یکسان است.

اینشتین، در سال ۱۹۱۵ و ۱۹۱۶، طی سلسله سخنرانی‌ها و مقالاتی، نظریه نسبیت عام را که توسعه نظریه نسبیت خاص با در نظر گرفتن گرانش بود و گاه نظریه گرانش نیز خوانده می‌شود مطرح ساخت و در آن، از گرانش به‌عنوان خمیدگی فضا - زمان در حضور اجرام یاد کرد، که چهارچوب فیزیکی عالم را شکل می‌دهد. به عبارت دیگر، در نسبیت خاص، فقط دستگاه‌های مختصاتی که با سرعت ثابت نسبت به هم حرکت می‌کردند بررسی می‌شد، اما نسبیت عام دستگاه‌های شتاب‌دار و میدان گرانشی را نیز وارد بازی کرد، زیرا میدان گرانشی، در واقع، یک دستگاه شتاب‌دار است. (رَبک/ اینشتین، ۱۳۸۴: ۱۴۷-۱۷۲)

در این نظریه، چهارچوب فضا - زمان توسط هندسه ریمانی و لوباجفسکی خیا هندسه‌های غیر اقلیدسی [بررسی می‌شود. هر چیزی که جرم داشته باشد فضا - زمان پیرامون خود را خم می‌کند. جهان هندسه دارد و اجرام موجود در جهان این هندسه را متأثر می‌کنند و گرانش چیزی جز خاصیت هندسی ساختار فضا - زمانی آن اجرام نیست. و اصلاً جهان جز اجرام موجود در آن و هندسه آنها چیزی نیست. پیوستار فضا - زمان بدون وجود ماده موجودیتی ندارد و حضور ماده این پیوستار را نه تنها خمیده می‌سازد بلکه، در واقع، پدید می‌آورد و شکل می‌دهد. پس، گرانش ماهیتی هندسی دارد و، به عبارت دیگر، گرانش هندسه

جهان است. اینشتین، در بسط این اندیشه، بسیار مُلهم از این اصل ماخ بود: «ماده هندسه [یا همان فضا- زمان] را تعیین می‌کند و عدم وجود آن مبنی بر عدم وجود هندسه است.»^۱

نسبیت عام نسبت به فیزیک نیوتنی پیش‌بینی‌های بهتر و نتایج دقیق‌تری به دست داد، از جمله: محاسبه مقدار دقیق حضيض عطارد، مقدار دقیق‌تر خمیدگی نور، عدسی‌های گرانشی و انتقال به سرخ گرانشی. از این رو، نسبیت، به‌خصوص در مقیاس‌های بزرگ، کم‌کم به جای فیزیک نیوتنی نشست. در سال ۲۰۱۱، آزمایش فضایی B گرانش ناسا نشان داد که زمین فضای اطراف خود را می‌کشد، درست مانند اینکه تیل‌های در حال چرخش در عسل باشد؛ اجرام سنگین مثل خورشید نیز، همان‌طور که فضای اطراف خود را خم می‌کنند، می‌توانند نوری را که از کنار آنها در حال عبور است از مسیرش منحرف سازند، شبیه کاری که عدسی‌های شیشه‌ای انجام می‌دهند. پس، هر چه میزان جرم بیشتر باشد میزان خمیدگی فضا - زمان بیشتر است و هر چه خمیدگی فضا - زمان بیشتر باشد، مسیر نور خمیده‌تر و زمان آهسته‌تر می‌شود. لذا، گرانش نیز [مثل سرعت] موجب اتساع زمان می‌شود.

پس، به جای اینکه بگوییم: خورشید به زمین نیرو وارد کرده و آن را روی مسیر بیضی به گردش درآورده است، باید گفت: خورشید فضا و زمان خود را منحنی کرده است و زمین در این فضای خمیده خط ژئودزی (کوتاه‌ترین مسیر)

۱. لازم به ذکر است که نسبیت عام با این صورت از اصل ماخ سازگار نیست، زیرا اگر ماده وجود نداشته باشد، یعنی $T_{\mu\nu} = 0$ باشد، باز معادلات نسبیت عام دارای حل هستند و هندسه‌های مختلفی را توصیف می‌کنند.

را می‌پیماید. بدین ترتیب، فیزیک گرانش به هندسه تبدیل می‌شود و ماهیت گرانش چیزی جز «انحنا یا خاصیت هندسی فضا - زمان با اثر نسبیتی یا غیرآنی» نیست.

به طور کلی، از منظر فیزیک و نسبیت عام، واقعیات متعددی در مورد «گرانش» وجود دارد که برای پی بردن به ماهیت جاذبه باید آنها را به طور یکجا و با هم در نظر گرفت، زیرا هر توضیحی از ماهیت گرانش باید تبیین‌کننده همه مواردی باشد که در پی می‌آید.

۳-۲-۱. گرانش یکی از چهار اندرکنش بنیادی طبیعت: گرانش به همراه نیروی الکترومغناطیس (مسئول به هم پیوستگی و انسجام اجسام)، نیروی هسته‌ای ضعیف (مسئول واپاشی اتم) و نیروی هسته‌ای قوی (نیرویی که هسته‌های اتم‌ها را کنار یکدیگر نگه می‌دارد) یکی از چهار نیروی بنیادی طبیعت است. در این میان، گرانش قدیمی‌ترین و مرموزترین نیروی شناخته‌شده به وسیله بشر است. همچنین، گرانش، در مقایسه با سه نیروی دیگر، قوی‌ترین یا مؤثرترین اندرکنش در مقیاس‌های بزرگ و ضعیف‌ترین یا کم‌اثرترین اندرکنش در مقیاس‌های کوچک به شمار می‌رود.

۳-۲-۲. گراویتون عامل انتقال‌دهنده نیروی گرانش: مشابه آنچه در مدل استاندارد ذرات بنیادی برای مثلاً اندرکنش الکترومغناطیس داریم، که ذره واسطه اثر این اندرکنش - که کوانتوم آن میدان است - فوتون است، چنین تصور می‌شود که بوزون یا ذره‌ای به نام گراویتون نیز وجود داشته باشد، که به عنوان انتقال‌دهنده نیروی گرانش بین مواد عمل کند، اما این ذره تاکنون کشف نشده است.

۳-۲-۳. امواج گرانشی عامل انتقال خاصیت گرانش: اینشتین در نظریه نسبیت

عام خود به وجود امواج گرانشی اشاره کرده است. او مشکل اثر آنی گرانش نیوتنی را با معادله انتشار امواج گرانشی حل می‌کند. گفتیم که بنا بر نسبیت عام، هر جسمی که جرم داشته باشد موجب خمیدگی فضای اطراف خود می‌گردد. لذا، هنگامی که این جسم حرکت کند، این انحنا با صورت‌بندی جدید ماده متناسب می‌شود. بنابراین، این تنظیم فضا - زمان با وضعیت متغیر مکانی ماده موجب می‌شود که امواج گرانشی با سرعت نور در فضا منتشر شوند. نظریه نسبیت عام گرانش را به عنوان اعوجاج در بافت فضا - زمان توصیف می‌کند و پدیده موجی مربوط به آن «موج گرانشی» نامیده می‌شود. اگرچه تاکنون هیچ موج گرانشی به طور مستقیم آشکار نشده است، امروزه، شواهد زیادی بر وجود این امواج یافت شده است. (استانارد، ۱۳۹۱: ۱۵۲-۱۵۷)

۳-۲-۴. تک قطبی بودن گرانش: گرانش دوگانگی ندارد، یعنی فقط جذب می‌کند و دفع نمی‌کند. گرانش نیرویی «همیشه جاذب» یا «همیشه مثبت» است و دافعه ندارد. به عبارت دیگر، نیروی گرانش یک طرفه است و همواره فقط در یک جهت عمل می‌کند. برخلاف مثلاً نیروی الکترومغناطیسی که هم جذب می‌کند و هم دفع می‌کند و یا بارهای الکتریکی که هم منفی و هم مثبت هستند. علاوه بر این و به همین سبب، گرانش نیرویی یکسان در همه جهات است، برخلاف امواج الکترومغناطیسی زمین که در قطب‌ها به علت تراکم خطوط نیرو قوی‌تر است. همچنین، یک جرم، به طور دوجانبه، هم «گرانش‌زا» است و هم «گرانش‌پذیر»، یعنی همزمان هم جذب می‌کند و هم جذب می‌شود.

۳-۲-۵. «سقوط آزاد» و «گرانش صفر»: فضانوردان ایستگاه‌های فضایی و کسانی که سقوط آزاد در یک آسانسور را تجربه می‌کنند، وضعیتی را تجربه

می‌کنند که به اشتباه گرانش صفر گفته می‌شود، زیرا آنها در حال سقوط دائم و دورانی یا سقوط موقت و مستقیم هستند و باز هم تحت تأثیر جاذبه و نیز سرعت اولیه و سیله خود حرکت می‌کنند و، بنابراین، باز هم تحت تأثیر گرانش قرار دارند. اما «گرانش صفر» جایی است که مطلقاً هیچ گرانشی در آن نفوذ نداشته باشد، نه اینکه برابند دو نیرو جسم را در حالت تعادل و بی‌وزنی نگه داشته باشد. جایی با گرانش صفر یعنی جایی که بی‌وزنی مطلق حکمفرما باشد. حتی جایی دقیقاً مابین دو جرم کاملاً همسان، که به دلیل تعادل گرانشی ظاهراً در آنجا بی‌وزنی کامل حاکم است، جایی با گرانش صفر نیست، زیرا در آنجا فقط برابند گرانش‌ها صفر شده است.

آیا جایی بدون گرانش وجود دارد؟ با دانش امروز و طبق نسبیت عام، فعلاً باید گفت: هیچ کجا را نمی‌توان یافت که گرانش در آنجا صفر باشد. لذا، سراسر عالم میدان گرانش است، زیرا طبق اصل ماخ و نسبیت عام، خود جا یا فضا (مکان) به مانند زمان [و البته در پیوند با آن، یعنی بافتار فضا - زمان] خاصیتی از وجود یا حضور جرم یا ماده است. [طبق نسبیت عام، در جاهایی مثل تکینگی گرانش بی‌نهایت داریم، اما گرانش صفر - در هیچ کجا - نه.]

۳-۲-۶. تسری و نفوذ گرانش در همه جا: بنابراین، شاید در عالم در هیچ کجا گرانش صفر و بی‌وزنی مطلق وجود نداشته باشد و از آن رو که در همه جا چیزهایی و یا اجرامی یافت می‌شود [یا به تعبیر دیگر، همه جاها نشأت یافته یا پدیدآمده از آن چیزها یا اجرام‌اند] و بُرد گرانش آنها نیز بلند و بلکه بی‌نهایت است، پس، سراسر عالم میدان گرانش است و هیچ جا کاملاً تهی از این نیرو نیست. به این ترتیب، به نظر می‌رسد گرانش در هر جایی که «جا» باشد تسری

یافته است و نفوذ دارد. با این بیان، شاید بتوان گفت: از آنجاکه هر چیزی که وجود [مادی] دارد، لاجرم گرانش دارد. پس، گرانش «خاصیت وجود یا موجود [مادی]» است.

۳-۲-۷. عدم عایق‌بندی (یا شیلد ۱ شدن) گرانش و نفوذ آن در همه‌چیز: علاوه

بر تسری در همه‌جا، گرانش همچنین در همه‌چیز نفوذ می‌کند. به همین دلیل، در مورد این نیرو عایق‌بندی معنا ندارد. به عبارت دیگر، هیچ چیز نمی‌تواند در برابر این نیرو سد یا مانع شود. ما می‌توانیم با یک دستکش پلاستیکی مانع انتقال یا جریان و نفوذ نیروی برق یا الکترومغناطیس شویم، اما در مورد نیروی گرانش چنین چیزی ممکن نیست، زیرا همان‌طور که گفته شد، این نیرو در همه‌چیز نفوذ می‌کند.

۳-۲-۸. جرم و وزن: در زبان علمی، به نیرویی که در اثر گرانش به یک جسم

وارد می‌شود وزن می‌گویند، ولی امروزه اکثر مردم و حتی در بسیاری از متن‌های رسمی و قانونی، در جایی از واژه وزن استفاده می‌کنند که منظور جرم جسم است. جرم مفهومی بنیادی در فیزیک است که به طور شهودی «مقدار ماده موجود در جسم» را می‌نمایاند.

۳-۲-۹. رابطه مستقیم گرانش و جرم: چه با فیزیک نیوتنی و چه با تفسیر

نسبیتی، گرانش با حضور جرم موجودیت می‌یابد و بسته به میزان جرم، افزایش یا کاهش پیدا می‌کند. طبق قانون عمومی گرانش، هر جرمی جرم دیگر را به طرف خود جذب می‌کند، با شدتی بسته به میزان جرم موجود و فاصله بین آنها. این یعنی گرانش با مقدار جرم رابطه مستقیمی دارد. اگر ماهیت گرانش نیرویی

نیوتنی باشد، با افزوده شدن به ذرات جرم، طبیعتاً مجموع تعداد نیروی گرانی آن ذرات نیز افزایش می‌یابد، و اگر هم ماهیت گرانش انحناى هندسى فضا - زمان باشد، باز بدیهی است که با افزایش ذرات جرم، بر شدت انحناى هندسى ناشی از مجموع آن ذرات افزوده می‌گردد.

۳-۲-۱۰. نرخ ثابت شتاب گرانشی: گرانش، به هر چیزی، بدون توجه به میزان جرم‌اش، با نرخ ثابتی یا به میزان ثابتی شتاب وارد می‌کند. قانون سقوط آزاد اجسام که برای اجرام مختلف یکسان است، اول‌بار، به وسیله گالیله و چنانچه مشهور است با آزمایش معروف وی از بالای برج کج پیزا صورت گرفته و ارائه شده است. اینشتین می‌نویسد:

میدان گرانشی، برخلاف میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی، خاصیت بسیار شایان توجهی دارد، که در ارتباط با مطالب زیر از اهمیتی اساسی برخوردار است. اجسامی که حرکت‌شان تنها در اثر میدان گرانشی است شتابی کسب می‌کنند که ابداً به جنس یا حالت فیزیکی جسم بستگی ندارد. مثلاً، یک قطعه چوب و یک قطعه سرب، چون از حالت سکون و یا یک سرعت اولیه واحد شروع به حرکت کنند، در یک میدان گرانشی [در خلأ] به وضع دقیقاً یکسانی سقوط می‌کنند. این قانون را، که به دقت بسیار صحیح است، می‌توان با ملاحظه نکته زیر به صورت دیگری بیان کرد. مطابق قانون نیوتن داریم:

$$\text{شتاب} \times \text{جرم ماندی} = \text{نیرو}$$

که در آن «جرم ماندی» همچون ثابت شاخصی برای جسم شتاب یافته است. حال، اگر گرانش علت شتاب باشد، خواهیم داشت:

$$\text{شدت میدان گرانشی} \times \text{جرم گرانشی} = \text{نیرو}$$

که در آن «جرم ماندی» نیز «ثابت شاخصی» برای جسم است. از این دو

رابطه نتیجه می‌شود:

$$\text{شدت میدان گرانشی} \times \frac{\text{جرم گرانشی}}{\text{جرم ماندی}} = \text{شتاب}$$

حال، اگر از تجربه پی ببریم که «شتاب» مستقل از جنس و وضع جسم است و در یک میدان گرانشی معین همیشه، مقدار ثابتی دارد، آنگاه، لازم می‌شود که نسبت جرم گرانشی به جرم ماندی برای همه اجسام یکی باشد. با اختیار واحدهای مناسب، می‌توان این نسبت را برابر با یک قرار داد. آنگاه، قانون زیر به دست می‌آید:

جرم گرانشی یک جسم با جرم ماندی آن برابر است.

... [بنابراین] کیفیت واحدی از جسم وجود دارد که بنابر شرایط، گاهی به صورت «ماند» و زمانی به صورت «وزن» (معنی تحت اللفظی: سنگینی) متجلی می‌شود. (اینشتین، ۱۳۸۹: ۷۴-۷۳)

۳-۲-۱. اصل هم‌ارزی یا برابری جرم اینرسی با جرم گرانشی: از این‌رو،

فیزیکدانان، در اصل دیگری، این‌طور نتیجه می‌گیرند که جرم اینرسی یا لختی با جرم گرانشی برابر است:

$$m_{(I)} = m_{(g)}$$

جرم لختی^۱ میزان مقاومت جسم در برابر تغییرات سرعت را نشان می‌دهد. به‌طور دقیق‌تر، جرم لختی برابر است با نسبت بین نیروی وارد بر جسم و شتاب آن. در نسبت خاص جرم لختی به سرعت جسم نیز وابسته است. جرم گرانشی

۱. لختی، ماند یا اینرسی (inertie) خاصیتی از جسم است که با تغییر وضعیت جسم مخالفت می‌کند. به عبارتی، میزان مقاومت جسم در برابر تغییر حالت سابق را لختی گویند.

نماینده مقدار نیرویی است که به جسم در میدان گرانشی وارد می‌شود. هرچه جرم گرانشی جسم بیشتر باشد، نیروی بیشتری از سوی میدان گرانشی به آن وارد می‌شود. جرم گرانشی را گاهی بار گرانشی (مانند بار الکتریکی) نیز می‌نامند. با وجود تمایز مفهومی میان جرم لختی و جرم گرانشی، آزمایش‌ها نشان می‌دهند که این دو کمیت همواره با هم متناسب‌اند و با برگزیدن یکاهای مناسب مقدارشان نیز همیشه با هم برابر است. به این برابری، اصل هم‌ارزی می‌گویند. مکانیک کلاسیک هیچ توضیحی برای برابر بودن جرم لختی و جرم گرانشی ندارد، ولی در نظریه نسبیت عام، اصل هم‌ارزی یکی از اصول موضوعه و مهم این نظریه است. با این اصل، اینشتین توجه خود را از نیرو (و حرکت یا سرعت) به شتاب معطوف ساخت و بر اساس آن، ماهیت نیروی گرانشی را متفاوت از دیگر نیروهای طبیعت دانست. (ر.ک. استانارد، ۱۳۹۱: ۸۱-۸۹)

۳-۲-۱۲. ثابت جهانی گرانش (G): ثابت جهانی گرانش - که معمولاً با علامت G نشان داده می‌شود - اولین بار به دست نیوتن و در معادله معروفش به کار گرفته شد، و مقدار دقیق آن نخستین بار به وسیله هانری کاوندیش - دانشمند انگلیسی (۱۷۳۱-۱۸۱۰م) - با یک آزمایش بسیار دقیق در سال ۱۷۹۸، با عنوان ترازوی پیچشی کاوندیش، به دست آمد.

اما G یا ثابت جهانی گرانش و اصولاً «ثابت‌ها» در معادلات فیزیکی چیست‌اند و از کجا می‌آیند؟ برخی معتقدند که اعداد ثابت در فرمول‌های فیزیک معنا ندارند، و فقط برای این به کار می‌روند که معادلات درست از کار در بیایند. به عبارت دیگر، این اعداد ثابت جز یک راه‌گریز برای ایجاد فرمول نیستند و شاید به این ترتیب، ما را از حقیقت دور می‌سازند. اما اگر بی‌معنا هستند، پس،

چرا ثابت هستند و در همه جا و همه موارد جواب می‌دهند؟! همچنین، فیزیکدانان در برخی از پژوهش‌ها این فرض را دنبال می‌کنند که ثابت‌ها می‌توانند با زمان، به تدریج و به میزان بسیار اندک، تغییر کنند. آنها می‌گویند نه فقط G بلکه دیگر ثوابت فیزیک نیز، مثل ثابت پلانک و سرعت نور، ممکن است در طی زمان و در مقیاس‌های بزرگ کیهانی، تاکنون تغییر کرده باشند. بنابراین، احتمال دارد در طول زمان بسیار طولانی، مقدار G تغییر کرده باشد یا در آینده بسیار بلندمدت نیز تغییر کند و به تدریج مثلاً جاذبه بشود دافعه! در هر صورت، این پرسش جدی وجود دارد که G و دیگر ثابت‌ها آیا صرفاً ثابت ریاضی بوده، ماهیت ریاضیاتی دارند، یا بار فلسفی - فیزیکی نیز دارند؟

۳-۲-۱۳. گرانش، پادگرانش و انبساط شتابنده جهان: تاکنون تصور بر این بود که گرانش روند انبساط جهان را اندک‌اندک کند و، سپس، معکوس می‌کند، اما طبق یافته‌های جدید، عامل یا نیروی عظیمی وجود دارد که در مقابل گرانش و انقباض یا انهدام بزرگ، باعث انبساط یا توسعه فزاینده جهان با شتاب مثبت شده است، به طوری که گفته می‌شود ۷۴٪ عالم را این نیروی نهفته و ناشناخته، که «انرژی تاریک» نام دارد، تشکیل می‌دهد.^۱ این نیرو هر چه هست، در مقابل گرانش و بر ضد آن عمل می‌کند و نیروی ضد جاذبه یا پادگرانش نامیده می‌شود، و شناخته شده‌تر از گرانش نیست. با سرعت کنونی انبساط شتابنده عالم، انتظار می‌رود سرانجام کیهان پراکندگی عظیم یا انجماد بزرگ باشد، که شاید بسی در دناک‌تر از انهدام بزرگ است. (هاوکنینگ، ۱۳۹۱: ۵۵-۷۰)

۱. ۲۲٪ باقی مانده را ماده تاریک و تنها ۴٪ از جهان را مواد شناخته شده اشغال کرده است.

۳-۲-۱۴. «خودموجد» یا «خودمولد» بودن گرانش و ماهیت جرم: گرانش، هر چه هست، چیزی «خودساز» یا «خودآفرین» یا «خودپدیدآورنده» است. به عبارت دیگر، در حالی که «جرم» تولیدکننده میدان گرانش است، خود جرم نیز به تعبیری چیزی جز میدان گرانشی غلیظ شده یا چگال نیست. به بیان دیگر، جرم «فشرده شده گرانش» است و گرانش نیز «نیرو یا خاصیتی از جرم».

«با توجه به هم‌ارزی جرم و انرژی، همه صورت‌های انرژی، به نوعی، گرانش خواهند داشت. [لذا،] میدان گرانشی حاصل از یک جسم خود صورتی از انرژی است و، بنابراین، دارای گرانش نیز هست. فیزیکدانان چنین مسائل مرغ و تخم مرغی (اینکه اول مرغ به وجود آمده یا تخم مرغ) را مسائل غیرخطی می‌نامند، که اغلب منجر به مسائل بسیار پیچیده غیرقابل حل ریاضی می‌شوند و این دقیقاً همان شرایطی است که در نسبیت عام رخ می‌دهد.» (کلز، ۱۳۹۰: ۴۳)

این یعنی خود میدان گرانشی جرم را ساخته است، و از آنجاکه جرم نیز میدان گرانشی را می‌سازد، پس، گویی گرانش خودش خودش را تولید می‌کند. اما در مورد اندرکنش‌های دیگر مثل الکترومغناطیس، وضع این‌گونه نیست. منشأ یا منبع تولید میدان الکترومغناطیس، خودش، از نوع الکترومغناطیس نیست. به عبارت دیگر، در حالی که ذره یا کوانتوم نیروی الکترومغناطیس «فوتون» است، اما این فوتون نیست که تولید میدان الکترومغناطیسی می‌کند، بلکه ذره بارداري مانند الکترون میدان الکترومغناطیسی را تولید می‌کند، و الکترون نیز خودش ذره یا کوانتوم یک اندرکنش بنیادی دیگر (هسته‌ای ضعیف) است. این در حالی است که به فرض اینکه ذره کوانتومی گرانش گراویتون باشد، آنگاه، گراویتون هم محصول تولید شده جرم است و هم تولیدکننده میدان گرانش و سازنده خود

جرم. البته، در صورتی که مبحث وحدت نیروها و منشأ یکسان برای همه اندرکنش‌ها را مدنظر قرار دهیم، به این معنا که منشأ اندرکنش الکترومغناطیسی و هسته‌ای ضعیف یکی است، این بحث نیاز به بررسی بیشتر و دوباره دارد، اما چون وحدت نیروها در مقیاس انرژی‌های بالا یا در شرایط و زمان کیهان اولیه رخ می‌دهد، برای زمان و شرایط فعلی، توضیحات ارائه‌شده در اینجا، به هر حال، پذیرفتنی خواهد بود.

۴. نقد نظریات فیزیک در باب ماهیت گرانش

ابتدا باید دانست که نقاط مثبت و یاری‌های فیزیک در حل مسائل بگرنج و پیشبرد دانش و معرفت بشری و شناخت بهتر پدیده‌های جهان هستی، به‌خصوص گرانش، هرگز قابل اغماض نیست و نقد نظریات موجود نیز فقط به‌منزله رسیدن به راه‌حلی بهتر است، نه انکار دستاوردهای فیزیک و فیزیکدانان.

۴-۱. عدول از چیستی و چرایی

پس از گالیله و شکل‌گیری فیزیک جدید، کم‌کم با کمرنگ شدن علت‌گرایی و غایت‌یابی، و تمرکز بر علل قسری به جای علل طبیعی، دانشمندان عصر نوزایی و جدید از کاوش در چیستی و چرایی پدیده‌ها روگردان شدند و به توصیف چگونگی‌ها و کسب نتایج عملی و کاربردی متمایل گشتند. بر همین اساس، فیزیکدانان دیگر به دنبال توضیحی اساسی و ماهوی از ماهیت گرانش و سایر موارد مشابه نبوده‌اند، و گویا اساساً معتقدند که توضیح ماهوی و منطقی گرانش و سایر موارد مشابه اصلاً وظیفه و رسالت فیزیک و فیزیکدان نیست و نه نیازی بدان هست. در اینجا، همان نقدی که به فلسفه و فیلسوف به سبب گریز از طبیعیات و مسائل فیزیکی وارد بود، بر فیزیک و فیزیکدان نیز وارد است: چرا

فیزیک جدید، دغدغه‌های فلسفی و مذهبی را فراموش کرده، از آنها فاصله می‌گیرد؟!

۴-۲. اتکای بیش از حد بر روش ریاضیاتی و هندسی

به نظر می‌رسد فیزیکدانان، به‌خصوص فیزیکدانان نسبیتی، بیش از حد، به ریاضیات و مفهوم متریک و هندسه در توضیح گرانش و دیگر مسائل فیزیکی بها می‌دهند، تا جایی که، از یک سو، توضیحی اساسی از ماهیت گرانش و دیگر موارد مشابه به دست نمی‌دهند و فقط با ریاضیات یا کمّیات و فرمول‌ها به توضیح دقیق عملکردها و برخی پیش‌بینی‌ها می‌پردازند و، از سوی دیگر، آنچنان بر روش ریاضیاتی و هندسی در توضیح گرانش تکیه زده‌اند که سبب شده برخی به دین باور برسند که به همین دلیل، گرانش اصلاً یک نیروی بنیادی طبیعت بسان سه اندرکنش بنیادی دیگر نیست. اما این بیان، پاک کردن صورت مسئله به جای یافتن پاسخ است.

هندسه توضیح دقیقی از عملکرد گرانش است، اما پاسخی برای ماهیت آن نیست. به علاوه، اگر بگوییم گرانش اصلاً به‌عنوان یک نیرو یا یکی از اندرکنش‌های بنیادی طبیعت مطرح نیست، بلکه امری عادی و کاملاً طبیعی و یا میلی در درون خود جسم است، آنگاه، این بیان، در واقع، بازگشت به همان حرف قدما و فلاسفه است که گرانش یا ثقل را امری طبیعی و عادی و مربوط به طبیعت اشیاء و جهان و عناصر سازنده آن قلمداد می‌کردند.

همچنین، در فیزیک و با استمداد از ریاضیات، این‌طور بیان می‌شود که بسیاری از مفاهیم و قوانین و حتی مصادیق فیزیک جدید از جمله فضا - زمان چهاربعدی و انحنای آن به‌هیچ‌وجه تصورشدنی نیست و به هیچ‌روی نمی‌توان آن

را نشان داد و، لذا، نباید انتظار داشت که بتوان آنها را تجسم کرد، تا جایی که حتی متفکر متبحری مثل برتراند راسل می گوید:

من توصیه می‌کنم که خوانندگان برای تجسم این امر [فضا - زمان چهاربعدی و انحنای آن] زحمت زیادی نکنند، زیرا تجسم فضای چهاربعدی ناممکن و تنها با زبان ریاضی ممکن است. (راسل، ۱۳۷۰: ۱۲۵)

حال، وقتی علم فیزیک - البته، در نظر اغلب فیزیکدانان و نه همه آنان - اساس و بنیاد خود را بر اصالت ماده و روش تجربه و مشاهده محسوس می‌نهد و طریق دیگری را علمی و قابل اطمینان نمی‌داند، این نگرش پذیرفتنی نیست. موضوع وقتی پیچیده‌تر می‌شود که در برابر پرسش از اینکه «چرا و چگونه قانون جاذبه نیوتن از دور و بی آنکه رشته پیوسته تماسی میان ماه و زمین باشد، عمل می‌کند؟» این چنین نتیجه‌گیری و ادعا می‌شود: «این مسئله [یعنی ماهیت ناشناخته جاذبه و طرز عمل آن از دور] بی جواب ماند تا اینکه نظریه نسبیت عمومی در ۱۹۱۵ نشان داد که محتمل است نه این سؤال جوابی داشته باشد و نه یافتن جواب آن ضرورتی.» (جینز، ۱۳۸۱: ۱۴۰-۱۴۱) مطالعات فزنی

به طور کلی، در فیزیک، معمولاً توصیف عملکرد و نحوه محاسبه مد نظر است، و در فلسفه، تبیین ماهیت. خاصیت هندسی فضا - زمان، توضیح یا تبیین خوبی در باب گرانس نیست و فرمول‌های نسبیتی نیز که نتایج دقیق‌تر و پیش‌بینی‌های بهتری انجام داده‌اند، ربطی به ماهیت آن ندارند. این فرمول‌ها و بلکه هر فرمول دیگر، صرفاً «توصیف» هستند نه «توضیح» یا تبیین ماهیت، زیرا فرمول‌ها یا معادلات ریاضی همیشه از هستی و وجود و میزان دقیق و کمی چیزی گزارش می‌دهند، اما از چیستی یا چرایی و چگونگی ذات و عمل یک

پدیده چیزی نمی‌گویند. فرمول‌ها فقط مقدار یا اندازه پدیده‌ها را پیش‌بینی و نتیجه‌گیری می‌کنند و به دست می‌دهند، نه چستی و چگونگی ذات آنها را. ریاضیات علم کمیات است. توصیف یا فرمول و روش ریاضیاتی دلیل یا علتی ماهوی شمرده نمی‌شود. روش ریاضیاتی و فرمول همیشه مقدار دقیق x را تعیین می‌کند، اما هرگز نمی‌گوید و شاید وظیفه ندارد که بگوید ذات یا ماهیت x چیست. مثلاً، وقتی طبق فرمول می‌گوییم:

$$X = 5 \times \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

و از طرف دیگر، مقدار r و یا m ها را در خارج داریم یا می‌توانیم اندازه بگیریم یا بر اساس فرمول‌های دیگر به همین طریق به دست آوریم، مشخص است که به طور دقیق، می‌توانیم مقدار x را محاسبه یا پیش‌بینی کنیم. حال، آیا می‌توانیم براساس این فرمول، دقیقاً هم بگوییم که ماهیت x یا r یا m چیست؟! به همین ترتیب است ماهیت گرانش و سایر پدیده‌های مشابه.

اصولاً، از منظر فلسفی و ماهوی، هیچ فرقی میان نمادها و الفاظ یک متن معمولی داستانی با پیچیده‌ترین نمادها و فرمول‌های ریاضیاتی نیست؛ آنها همه نماد هستند، نمادهایی قراردادی که برای مفاهیم و مصادیق خاص‌شان به دست بشر و برای انتقال آن مفاهیم وضع شده‌اند. لذا، اگرچه «توصیف عملکرد» متکی و محتاج بیان ریاضی یا ارائه فرمول است، «تبیین ماهیت» صرفاً متکی و ملزم به بیان ریاضی و ارائه فرمول نیست، هرچند ریاضیات می‌تواند کمک‌کننده باشد و در محاسبه مفاهیم کمی به کار آید.

به هر حال، فیزیک جدید، به خصوص پس از آنکه از فلسفه جدا شده است،

بسیار به صورت ریاضی محور پیش رفته است و امروزه نیز، به شدت، متکی به ریاضیات است و به پیش می‌رود. این دیدگاه این نتیجه را در پی دارد که تمام مسائل فیزیکی قابل تحویل به مسائل ریاضی است و با اصول و معادلات ریاضی حل‌شدنی و قابل تبیین‌اند، در حالی که شاید بتوان مسائل فیزیک را بدون اتکا به ریاضیات توصیف و تبیین کرد، و اصلاً از کجا معلوم که ریاضیات ما را از شناخت درست و حقیقی چیستی جهان و مسائل فیزیکی دور نساخته و نمی‌سازد؟

۴-۳. اشکالات فیزیکی و فلسفی نسبت عام در توضیح ماهیت گرانش

از نظر فلسفی [و حتی فیزیکی]، دیدگاه نیوتنی به هیچ وجه در مورد «ماهیت» گرانش بحث نمی‌کند، بلکه فقط از «وجود» آن خبر می‌دهد و به توصیف و چگونگی عملکرد عمومی آن طی قوانین و فرمول‌های خاصی می‌پردازد. گرانش نیوتنی از لحاظ استانداردهای فیزیکی، به خصوص در مقیاس‌های بزرگ، اشکالات زیادی داشت و برای همین از طرف فیزیکدانان کنار گذاشته شد و جایش را به دیدگاه نسبیتی سپرد. *پیشینه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی*

نظریه نسبیت عام نیز نارسایی‌های متعددی در توضیح گرانش از لحاظ فیزیک جدید و دستاوردهای جدید دارد از جمله:

۱. در مورد انرژی تاریک (پادگرانش و اتساع شتابنده جهان)

۲. در مورد سیاه‌چاله‌ها (و نقطه تکینگی)

۳. در مورد ماده تاریک

۴. عدم رهیافتی استاندارد برای کوانتومی کردن آن.

ضعف جنبه گرانشی نظریه‌های موجود از دلایل اصلی ارائه نظریه‌های جدید

مانند نظریهٔ ریسمان و گرانش کوانتومی در دهه‌های اخیر بوده است. اما نسبیت و «گرانش به‌عنوان انحناء یا خاصیت هندسی فضا - زمان» به لحاظ فلسفی نیز دارای اشکالات و ابهاماتی است، که مهم‌ترین آنها اشکال شرح‌الاسم و دور است. شرح‌الاسم یا عدم تعریف یا تعریف به خود و به لفظ دیگر مانند آن است که «حرکت» را به جابجایی یا به عدم سکون تعریف و تحویل کنیم و سکون را به عدم حرکت. به همین ترتیب، نظریهٔ نسبیت گویا گرانش را به انحناء یا خاصیت هندسی تعبیر و تحویل کرده است.

طبق مبانی فلسفی و منطقی، «دور» باطل است و چیزی که شرایط تعریف یا حجت را رعایت نکرده باشد تعریف یا استدلال نمی‌تواند باشد، چه رسد به اینکه تعریفی یا استدلالی درست یا نادرست باشد. به نظر می‌رسد گرانش به‌عنوان خاصیت هندسی فضا - زمان تعریف یا استدلال نیست، چراکه گرانش و چپستی و چرایی و چگونگی آن را به چیز یا لفظی دیگر، یعنی به خاصیت هندسی، ارجاع می‌دهد، در حالی که خود انحناء یا خاصیت هندسی، اولاً، مجهول‌تر و دارای ابهام بیشتری نسبت به گرانش به‌عنوان نیرو است و ثانیاً، برگشت یا اتکای این خاصیت نیز به خود گرانش است. لذا، همچنان پرسش‌ها باقی است: «چرا شیء در خاصیت هندسی فضا - زمان یا همان فرورفتگی، به اصطلاح، سقوط می‌کند و فرومی‌رود؟ چرا پایین می‌رود و بالا نمی‌رود؟ چرا در آن مسیر - به فرض - کوتاه‌شده (خط ژئودزی) حرکت می‌کند، آنهم به یک سمت آن؟ چه دلیلی وجود دارد؟!».

شاید تنها پاسخ این باشد: به علت خود گرانش! و این چیزی نیست جز دور مصرح یا توقف معرف و معرف بر یکدیگر. این یعنی علت چیزی معلول

خودش واقع شده است. و اگر پاسخ چیزی غیر از گرانش باشد، پس، باید دنبال آن رفت و سؤال همچنان باقی و جواب مجهول است!

نظریه نسبیت عام و ساختار فضا - زمان و انحنای آن، حتی به فرض صحت، پاسخی واضح و قانع کننده برای چیستی و چگونگی عملکرد جاذبه یا سقوط اجسام نیست. گویا برای حل ماهیت جاذبه [و البته فقط از این جهت] نسبیت عام پاسخی می دهد که سؤالاتی اساسی تر سربرمی آورد یا پاسخ را به سؤالاتی دیگر موکول می کند، همان سان که برای پر کردن خاک چاله ای چاله ای دیگر حفر شود.

پاسخ نسبیت عام در توجیه علت گرانش درست به این می ماند که در پاسخ شخصی که می پرسد: «چرا در این بیابان اصولاً به درون این چاه سقوط می کنیم؟!» گفته شود: «به علت آنکه وجود یا حضور چاه در این بیابان باعث می شود که به تدریج شن های اطراف چاه - با شعاع یا میدانی که هر چه از دهانه چاه فاصله می گیرد شیب آن ملایم تر می شود - به درون چاه فروریزد و خمیدگی یا سرایشی ای در اطراف دهانه ایجاد شود، که مسلماً اگر پای کسی به درون این سرایشی بلغزد، در مسیری قرار می گیرد که او را به طرف دهانه چاه و، سپس، سقوط در آن سوق می دهد. بدیهی است از آنجاکه شیب اطراف چاه هر چه به دهانه نزدیک تر شویم بیشتر می شود، شتاب و سرعت فروافتادگی حاصل از آن نیز هر چه به دهانه نزدیک تر گردیم بیشتر می شود! شیب دهانه یا شکل هندسی آن نیز بستگی به عمق چاه و شکل و قطر دهانه دارد.»

این همان پاسخی است که نسبیت عام با عنوان «فرورفتگی یا انحنای هندسی فضا - زمان» به مسئله گرانش و چرایی آن به ما می دهد. و ما در اینجا به همان

اندازه محق هستیم پرسیم که «چرا اشیاء در این فرورفتگی یا انحناى هندسى فضا - زمانى سقوط مى کنند؟» که در مورد آن چاه و شیب اطراف اش اجازه داریم پرسیم که «اصلاً چرا ما باید درون این چاه یا سراشیى اطراف اش فروبغلتیم؟!». پس، سؤال‌ها همچنان باقى است:

اولاً، چرا و چگونه اطراف چاه و ساختار آن [خمیدگى یا سراشیى حاصل شده] شکل گرفته و متأثر از چاه است و اصلاً [فقط در اینجا و در مورد چاه] چرا اطراف چاه به درون چاه فرومى ریزد؟! ثانیاً، بالفرض که چنین باشد و چنین ساختار یا سراشیى ای شکل گرفته باشد، اساساً، چرا و چگونه یک جسم باید به طرف پایین سراشیى سوق یابد و سقوط کند و نه عکس آن؟! چرا به طرف دیگر نرود یا چرا ثابت نماند؟!

پاسخ در هر دو مورد چیزى جز خود گرانش نخواهد بود و این توضیحات پیچیده هم جز شرح‌الاسم و توقف تعریف [یا علت] شىء بر خودش چیزى بیش نیستند. خلاصه اینکه در نسبیت، این خاصیت هندسى فضا - زمان و نسبیت عام نیست که گرانش را توضیح مى دهد، بلکه در واقع، این همان گرانش است که خاصیت هندسى فضا - زمان و نسبیت عام را توضیح مى دهد.

اگر - بر فرض که - تعریف چاه یا چاله این باشد: «چاله آن است که هر چیزى در مسیرش قرار بگیرد به درون آن مى افتد یا به سمت انتهای آن هدایت مى شود»، آنگاه، هیچ سراشیى یا فرورفتگى یا چاله‌ای در غیاب گرانش و منبع گرانشى «چاله یا فرورفتگى» نیست، بلکه چاله بودن یا چاله نبودن فقط و فقط به بود یا نبود گرانش بستگى خواهد داشت، یعنى ابتدا باید گرانش در کار باشد و به عنوان یک اصل یا فرض در پس‌زمینه ذهنی مان جا افتاده باشد، تا چاله

چاله گردد و انحنا یا مسیر خمیده معنا و مفهوم یابد. به این ترتیب، چگونه می‌توان گفت «هندسه یا خمیدگی» باعث یا پدیدآورنده و یا توضیح‌دهندهٔ گرانش و ماهیت آن است؟!

راه یا مسیر خمیده - حتی اگر آن را یک کانال توخالی سربسته مثل لوله در نظر بگیریم - همواره حداقل دو جهت در مخالف هم دارد. پس، چرا وجود این راه یا مسیر که همان خمیدگی فضا - زمان است و به سبب حضور جرم حاصل می‌شود، همواره باعث می‌شود جسم فقط در یک جهت آن سوق یابد، آن‌هم به طرف گرانیگاه یا جایی که جرم حضور دارد و مرکز آن، نه بالعکس؟!

اگر فرض کنیم این مسیرها بسان لوله یا کانال‌هایی سربسته اما یک‌طرفه هستند و مانند لولهٔ مری با خاصیت‌های موجی، جسم را مانند یک لقمه به یک سو می‌رانند، اولاً، برای کانال فرض کردن مسیرهای گرانشی، مشکلات زیادی پدید می‌آید که اگر آنها را هم نادیده بگیریم، در ثانی، این سؤال اساسی پیش می‌آید که آن خاصیت موجی و نیروی موجد آن چیست و از کجا می‌آید؟ حتی اگر این را هم در نظر نگیریم، جهت خاصیت موجی مشکل‌ساز خواهد شد، به این بیان که اگر وجود امواج گرانشی را به‌عنوان عامل حرکت گرانشی بپذیریم، آنگاه، جهت این امواج از جانب مرکز جرم به اطراف است یا از طرف بیرون به سوی مرکز؟! اگر از جانب جرم و مرکز آن به طرف بیرون است، پس، چگونه و با چه سازوکاری جسم را از طرف بیرون به سوی مرکز سوق می‌دهد؟!

به هر حال، طبق نسبیت عام، چنین لوله‌ها یا هندسه‌ها یا مسیرهای خاص و کوتاه‌شدهٔ فضا - زمانی، به نوعی، «مسیرها یا کانال‌هایی ویژه» در چهارچوب فضا - زمان را تداعی می‌کنند که اگر جسمی در آنها قرار بگیرد، «به‌طور طبیعی»،

مطابق این مسیرها یا کانال‌های ویژه حرکت خواهد کرد، اما پذیرش و اثبات وجود چنین کانال‌هایی در کائنات دشوار است.

لذا، «گرانش به‌عنوان مسیر خمیده یا خاصیت هندسی فضا - زمان»، در واقع، بر این پیش‌فرض استوار است که «اصولاً اشیاء - اعم از ماده و انرژی - درون هر خمیدگی یا چاله‌ای (به‌طور طبیعی) فرومی‌غلتنند حتی در غیاب گرانش» و طبیعتاً باید همین‌طور هم باشد. و اشکال اساسی وارد بر این نظریه نیز این است که این پیش‌فرض از کجا آمده است؟ آیا جز از خود گرانش؟ در اصل، «خمیدگی یا خاصیت هندسی فضا - زمان» [یا همان مسیرهای خمیده یا کانال‌های ویژه] خود، به نوعی، بر اصل یا پیش‌فرض «وجود گرانش» استوار است.

نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد که در دوران جدید، فیزیک و فیزیکدانان علت و ماهیت گرانش را بیشتر در بیرون شیء بررسی و جستجو کرده‌اند اما در فلسفه ارسطو، علت این امر عمدتاً در درون شیء لحاظ شده است. بر این اساس، با نظر به اینکه اشکالات و ابهامات متعددی در مورد نظریات موجود مطرح است، توجه و تمرکز بیشتر بر درون جسم و نفس‌الامر هر چیزی، در کنار نگاه بیرونی، می‌تواند مفید و کارساز باشد.

بنابراین، برای بررسی و تبیین ماهیت گرانش، نخست، باید با نظر به درون شیء، ماهیت جرم و همچنین چیستی حرکت و مکان بررسی و معلوم شوند، که تحقیق مستقل و دقیقی می‌طلبند. از سوی دیگر، برای پی بردن به ماهیت گرانش و جرم و دیگر مسائل بغرنج و اسرار پیچیده جهان هستی، روش و منش صرفاً فیزیکی یا متافیزیکی کارساز نیست و باید از روشی ترکیبی (تجربی - عقلانی، یا

فیزیکی - فلسفی) بهره گرفت. برای این منظور، لزوم پیوند دوباره فیزیک و فلسفه و توجه فلاسفه به مسائل جدید و بنیادین فیزیک و مباحث کیهان‌شناسی و همچنین نگرش فیزیکدانان به مسائل و اصول فلسفی [و بازخوانی و ترجمه متون عمدتاً عربی فلاسفه - بخش طبیعیات] بیش از پیش احساس می‌شود. امید است در صورت پی بردن به ماهیت گرانش و شناخت آن، علاوه بر پرده برداشتن از بسیاری از اسرار کائنات، امکان مهار و به خدمت گرفتن این نیروی عظیم برای بشر هموار گردد، إن شاء الله.



کتابنامه

- ابن سینا، حسین بن عبدالله (۱۳۸۳). *طبیعیات دانشنامه علائی*، تصحیح سیدمحمد مشکوة، ج ۲، همدان: دانشگاه بوعلی سینا.
- ارسطو (۱۳۷۷). *متافیزیک (مابعدالطبیعه)*، ترجمه شرف الدین خراسانی، تهران: حکمت.
- _____ (۱۳۸۹). *سماع طبیعی (فیزیک)*، ترجمه محمدحسن لطفی، ج ۳، تهران: طرح نو.
- استانارد، راسل (۱۳۹۱). *نسبیت*، ترجمه یوریا ناظمی، تهران: بصیرت.
- اینشتین، آلبرت (۱۳۷۷). *تکامل فیزیک*، ترجمه احمد آرام، ج ۲، تهران: خوارزمی.
- _____ (۱۳۸۴). *فیزیک و واقعیت*، ترجمه محمدرضا خواجه پور، ج ۳، تهران: خوارزمی.
- اینشتین، آلبرت (۱۳۸۹). *نسبیت و مفهوم نسبیت*، ترجمه محمدرضا خواجه پور، ج ۳، تهران: خوارزمی.
- جینز، جیمز هاپوود (۱۳۸۱). *فیزیک و فلسفه*، ترجمه علی قلی بیانی، ج ۳، تهران: علمی و فرهنگی.
- راسل، برتراند (۱۳۷۰). *الفبای نسبیت*، ترجمه محمود خاتمی، تهران: مدبر.
- رنان، کالین (۱۳۸۴). *تاریخ علم کمبریج*، ترجمه حسن افشار، ج ۴، تهران: مرکز.
- زمانی مقدم، بهزاد (۱۳۸۲). *به دنبال وحدت از فیزیک تا عرفان*، تهران: اطلاعات.
- فرشاد، محسن (۱۳۸۵). *فیزیک و متافیزیک*، تهران: علم.
- کاپرا، فریتیوف (۱۳۶۸). *تائوی فیزیک*، ترجمه حبیب الله دادفرما، ج ۲، تهران: کیهان.
- کاپلستون، فردریک چارلز (۱۳۹۱). *تاریخ فلسفه*، ترجمه سیدجلال الدین مجتوبی، ج ۹، تهران: علمی و فرهنگی.
- کاکو، میچی (۱۳۹۱). *جهان های موازی*، ترجمه سارا ایزدیار و علی هادیان، ج ۵، تهران: مازیار.

- کاکو، میچی و جنیفر ترینر (بی تا). فراسوی انیشتین «نظریه ابررسمان‌ها»، ترجمه حمیدرضا جودیر، تهران: ایمان.

- کلز، پیتر (۱۳۹۰). کیهان‌شناسی، ترجمه نادیه حقیقی، تهران: بصیرت.

- گلشنی، مهدی (۱۳۶۹). دیدگاه‌های فلسفی فیزیکدانان معاصر، تهران: امیرکبیر.

- مطهری، مرتضی (۱۳۶۹). حرکت و زمان در فلسفه اسلامی، ج ۳، تهران: حکمت.

- هاوکنینگ، استیون (الف ۱۳۹۱). تاریخچه زمان، ترجمه محمدرضا محجوب، ج ۱۷، تهران: شرکت سهامی انتشار.

- هاوکنینگ، استیون (ب ۱۳۹۱). جهان در پوست گردو، ترجمه محمدرضا محجوب، ج ۹، تهران: حریر.

- Verlinde E. P. (2011). "On the Origin of Gravity and the Laws of Newton", arXiv:1001, 7850. .