

در فیزیک ، انواع واقسام نظریه های را میتوان تشخیص داد. بیشتر آنها نظریه هایی سازنده اند ؛ یعنی می کوشند تا با شروع از مصالحی که طرح صوری نسبتا ساده ای دارند ، تصویری از پدیده های پیچیده تر بسازند. مثلا نظریه جنبشی گازها در پی آن است که فرایندهای مکانیکی گرمائی و پرکنشی را به حرکات مولکولی تحویل کند ، یعنی آنها را بر اساس فرضیه ی حرکت مولکولی توضیح دهد وقتی که می گوئیم به فهم دسته ای از فرایندهای طبیعی توفیق یافته ایم همواره منظورمان این است که به نظریه ای سازنده دست یافته ایم که فرایندهای مورد بحث را شامل می شود . به موازات این دسته ی بسیار مهم نظریه ها دسته ی دومی وجود دارد که آنها را (( نظریه های مبتنی بر اصول )) می نامند . در این نظریه ها به جای روش ترکیبی ، روش تحلیلی به کار گرفته می شود . اجزائی که اساس و نقطه ی شروع این نظریه ها را تشکیل می دهد به صورت فرضیه بنا نشده اند بلکه از راه تجربه کشف شده اند و از خصیصه های عام فرایندهای طبیعی به شمار می آیند ؛ اصولی هستند که به ضوابط ریاضی مدونی منع می شوند و فرآیندها یا نمایش های نظری آنها باید در این ضوابط صدق کند. مثلا علم ترمودینامیک می کوشد تا به وسایل تحلیلی از این واقعیت عام تجربی که حرکت دائمی محال است ، شرایط لازمی را نتیجه بگیرد که یکایک رویدادها باید در آن صدق کنند. مزیت های نظریه سازنده کامل بودن و قابلیت انطباق و روشنی آن است ؛ از آن نظریه مبتنی بر اصول کمال منطقی و استواری شالوده ها است . نظریه نسبت از دسته ی دوم است . برای فهم سرشت آن باید نخست با اصولی که نظریه بر آن مبتنی است آشنا شد . ولی پیش از آن که به این اصول پردازش شود باید به این نکته اشاره کرد که نظریه ی نسبت به ساختمانی می ماند که دوطبقه ی مجزا دارد : نظریه ی نسبت خصوصی و نظریه نسبت عمومی نظریه خصوصی ، که نظریه عمومی برآن متکی است . بر همه پدیده های فیزیکی جز گزارش قابل اطلاق است ؛ نظریه ی عمومی قانون گرانش و روابط آن با نیروهای دیگر طبیعت را معین میکند. البته از زمان یونانیان باستان می دانستند که برای توصیف حرکت یک جسم به جسم دومی نیاز است که حرکت جسم اول با آن

مقایسه شود. حرکت یک وسیله نقلیه نسبت به سطح زمین سنجیده می شود و حرکت یک سیاره نسبت به مجموعه ثوابت مرئی در فیزیک جسمی که رویدادها را در فضا با آن مقایسه میکنند دستگاه مختصات نامیده میشود. مثلاً قوانین مکانیک گالیله و نیوتن را تنها می توان به کمک دستگاه مختصات تدوین کرد. ولی اگر قوانین مکانیک معتبر باشند (یعنی دستگاه مختصات از دوران و شتاب رها باشد) حالت حرکت دستگاه مختصات را نمی توان به اختیار برگزید. دستگاه مختصات مورد قبول در مکانیک (( دستگاه ماندی )) نامیده میشود. در مکانیک حالت حرکت یک دستگاه مادی چیزی نیست که طبیعت آن را به صورتی یگانه و منحصر به فرد معین کرده باشد بلکه تعریف زیرین معتبر است دستگاه مختصاتی که نسبت به یک دستگاه ماندی به صورت یکنواخت و بر خط راست حرکت کند، خود دستگاهی ماندی است. منظور از (( اصل نسبیت خصوصی )) تعمیم این تعریف است به قسمتی که هر رویداد طبیعی را شامل شود: بدین ترتیب هر قانون عام طبیعت که در دستگاه مختصات  $C$  صادق است، باید عیناً در دستگاه مختصات  $C$  نیز که در حرکت انتقالی یکنواخت نسبیت به  $C$  است معتبر باشد. دومین اصلی که نظریه نسبیت خصوصی بر آن مبتنی است، (( اصل سرعت ثابت نور در خلاء )) است. این اصل تصریح می کند که سرعت انتشار نور در خلاء همواره اندازه معینی (مستقل از حرکت ناظر یا چشمه ی نور) دارد. اطمینانی که فیزیکدانان به درستی این اصل دارند ناشی از موفقیت های الکترودینامیک ماکسول ولورنتس است. هر دو اصل ذکر شده را تجربه به کرات تایید کرده است؛ ولی چنین به نظر می رسد که این دو اصل از لحاظ منطقی آشتی ناپذیرند. نظریه نسبیت خصوصی سرانجام موفق شد که با ایجاد تغییرات در سیناتیک (جنبش شناسی) یعنی در مجموعه قوانینی که و زمان را (از دیدگاه فیزیک) به هم مربوط میکند. این دو اصل را به طور منطقی با یکدیگر سازش دهد. آنگاه معلوم شد که گفتگو از همزمانی دو رویداد جز نسبت به یک دستگاه مختصات معین، معنائی ندارد و نیز شکل وسایل اندازه گیری و آهنگ حرکت ساعتها تابع حالت حرکت آنها نسبت به آن دستگاه مختصات است.

اما فیزیک قدیمی از جمله قوانین حرکت گالیله و نیوتن با سیماتیک پیشنهادی نسبت سازگار نبود. اگر دو اصل پیش گفته واقعا درست بودند از این سیماتیک شرایط ریاضی عامی نتیجه می شد که قوانین طبعی می بایستی با آنها مطابقت می کردند. فیزیک می بایست با این اصول سازش داده می شد. خاصه آن که دانشمندان به قانون حرکت جدیدی برای ذرات مادی (با سرعت زیاد) دست یافتند که حرکت ذرات باردار الکتریکی آن را به نحو شایسته ای تایید کرد. مهمترین نتیجه و نظریه نسبت خصوصی به جرمهای ماندی دستگاههای مادی مربوط می شد. معلوم شد که ماند یک جسم لزوما تابع محتوای انرژی آن است و از این مطلب نتیجه شد که جرم مادی جز انرژی نهانی نیست. اصل بقای جرم استقلال خود را از دست داد و با اصل بقای انرژی یکی شد. ولی نظریه نسبت خصوصی که گسترش نظم یافته الکترودینامیک ماکسول و لورنتس بود، از آن فراتر رفت. آیا مستقل بودن قوانین فیزیکی از حالت حرکت دستگاههای مختصات را باید محدود به حرکت انتقالی دستگاههای مختصات نسبت به یکدیگر کرد؟ طبیعت با دستگاههای مختصات ما و حالت حرکت آنها چه کار دارد؟ اگر برای توصیف طبیعت لازم باشد از دستگاه مختصاتی استفاده کنیم که به اختیار ما وارد شده باشد، انتخاب حالت حرکت آن دستگاه نباید مشروط به محدودیتی باشد، قوانین باید کاملا مستقل از این انتخاب باشد (اصل نسبیت عمومی). استقرار اصل نسبیت عمومی را از این واقعیت تجربی، که از دیرباز دانسته بود اساتر می ساخت که بر وزن و ماند یک جسم ثابت واحدی ناظر است (برابری جرم ماندی و جرم گرانشی). دستگاه مختصاتی را تصور کنید که به طرز نیوتنی نسبت به یک دستگاه ماندی در حرکت دورانی یکنواخت باشد. مطابق تعالیم نیوتن، نیروهای گریز از مرکزی را که نسبت به این دستگاه بروز میکنند، باید اثرهایی ماندی شمرد. اما این نیروهای گریز از مرکز درست مانند نیروهای گرانشی، متناسب با جرم اجسام هستند. آیا نمی توان در این مورد دستگاه مختصات را ساکن و نیروهای گریز از مرکز رانیهائی گرانشی به شمار آمده؟ ظاهرا این برداشتی بدیهی و آشکار است ولی مکانیک کلاسیک آن را مانع میکند. از این اشاره شتابزده برمی آید که

یک نظریه نسبیت عمومی باید قوانین گرانشی را به دست دهد و ادامه منطقی این فکر امیدهای ما را موجه ساخته است. ولی این را ، سنگلاختر از آن بود که تصور می شد. زیرا دست کشیدن از هندسه اقلیدسی را ایجاب میکرد. یعنی قوانین گرانشی اجسام صلب در فضا کاملاً با قوانین فضائی منسوب به اجسام در هندسه اقلیدسی مطابقت ندارد. وقتی که از (( انحنای فضا )) صحبت می شود، مقصود همین است . بدین طریق مفاهیم بنیادی (( خط مستقیم )) و (( صفحه )) و غیره معنی دقیق خود را در فیزیک از دست می دهند . در نظریه نسبیت عمومی ، اندیشه های مربوط به فضا و زمان یا سینما تیک دیگر به صورت شالوده ای مستقل از بقیه فیزیک پدیدار نمی شود. بلکه رفتار هندسی اجسام و حرکت ساعتها تابع میدانهای گرانشی است که خود از ماده به وجود آمده اند. نظریه گرانشی جدید، از لحاظ اصول با نظریه نیوتن اختلاف بسیار دارد. ولی نتایج علمی آن به قدری نزدیک به نتایج نظریه نیوتن است که یافتن معیارهائی برای تمیز این دو از یکدیگر که به تجربه قابل حصول باشد دشوار است . موارد اختلاف زیرتکون کشف شده است :

- ۱- دوران بیپهای مداری سیارات به دور خورشید در مورد عطارد تایید شده است .
- ۲- خمیدن اشعه نور بر اثر میدانهای گرانشی ( عکسهائی که هیات انگلیسی از کسوف گرفته اند آن را تایید کرده است ) .
- ۳- تغییر مکان خطوط طیفی به سمت انتهای سرخ طی ، در نوری که ز ستادگان بزرگ به سمت ماکسیل می شود ( تاکنون تایید نشده است ) . جاذبه اصلی این نظریه در کمال منطقی آن است . اگر ثابت شود که یکی از پیامدهای آن غلط است باید از کل نظریه دست شست تعدیل آن بدون از میان بردن کل بنا محال می نماید ولی کسی نباید گمان برد که این نظریه یا هر نظریه ی دیگری می تواند به راستی جانشین کار سترگ نیوتن شود . اندیشه های بزرگ و شفاف او اهمیت یگانه ی خود را به عنوان شالوده ساختمان فکری جدید ما در حوزه حکمت طبیعی حفظ خواهد کرد . گوشزد : برخی از عبارات روزنامه شما درباره ی زندگی و شخص من زائیده تخیل زنده نویسنده آن بوده است این هم یکی دیگر

از کاربردهای اصل نسبیت برای انبساط خاطر خواننده : امروز مر در آلمان))  
فرزانه آلمانی)) و در انگلستان ((ثودی سوئیسی)) می خوانند . ولی اگر  
سرنوش من چنان باشد که روزی از من غولی ساخته شود آنگاه در آلمان ((  
یهودی سوئیسی)) خواهم بود و نزد انگلیسی ها ((فرزانه آلمانی)).

#### نسبیت و اثیر

چرا فیزیکدانان درکنار مفهوم ماده ثقیل که از زندگی روزمره انتزاع شده است ، اندیشه وجود نوع دیگری ماده یعنی اثیر را قرار داده اند ؟ دلیل این کار وجود آن پدیده هایی است که به پیدایش نظریه نیروهای عامل از راه دور منحرف شد و نیز وجود آن خواصی از نور است که به نظریه موجی انجام شد . پس به اختصار این دو را بررسی می کنیم .  
تفکر غیر فیزیکی با نیروهائی آشنا نیست که از دور عمل می کنند وقتی که سعی می کنیم تجربه هائی را که از اجسام داریم در چارچوب طرحی علمی توضیح دهیم .  
نخست چنین به نظر می رسد که بخشی متقابلی جز آن که از راه تماس مستقیم ایجاد میشد مانند انتقال حرکت از طریق ضرب فشار یا کشیدن گرم کردن و یا ایجاد احتراق به وسیله ی شلعه و غیره وجود ندارد . قدرمسلم گرانش که نیروئی است که از دور عمل میکند . سهمی مهم در زندگی روزمره دارد. اما چون گرانش اجسام در زندگی عادی به صورت چیزی ثابت که تابع هیچ علت متغیر زمانی و فضائی نیست بروز میکند ، معمولا علتی برای آن نمی اندیشیم و در نتیجه از سرنوشت آن به عنوان نیروئی که از دور عمل میکند آگاه نیستیم تا پیش از نظریه گرانش نیوتن ، علتی بدون نسبت داده نمی شد پس از این نریه بود که گرانش به صورت نیروئی تبیین شد که از دور عمل میکند و معلول جرم است . نظریه نیوتن قدرمسلم بزرگترین گامی است که تا کنون برای ایجاد پیودندی علیتی میان پدیده های طبیعی برداشته شده است . با این حال این نظریه معاصران نیوتن را به هیچ روی قانع نکرد. زیرا ظاهرا ناقصی اصلی بود که از تجربه های دیگر به دست آمده بود و آن این که بخش متقال تنها از طریق تاس مستقیم و نه از راه کنش مستقیم از دو ، بدون هیچ وسیله انتقال صورت می پذیرد. این

قبیل دوگانگی عطش آدمی را برای دانش بدشواری فور می نشاند . چگونه ممکن بود وحدت و یگانگی در برداشت ما از نیروهای طبیعی نجات داده شود ؟ یک راه این بود که نیروهائی که هبه ظاهر از طریق تماس اثر میکنند، نیروهائی به شمار آیند که از دور عمل می کند ولی در فواصل بسیار کوچک محسوس می شوند این راهی بود که بیشتر پیروان نیوتن که سخت زیر نفوذ تعالیم او بودند برگزیدند . می شد راه دیگری را در پیش گرفت : نیروهای نیوتنی عمل کننده از دور تنها به ظاهر مستقیماً اثر میکردند در حقیقت انتقال این نیروها از راه حرکت یا تغییر شکل کشان محیطی میانجی صورت می گرفت که سرتاسر فضا آکنده بود . بدین ترتیب علاقه ها به وحدت درنگرشی که نسبت به طبیعت این نیروها داشتیم به فرضیه اثر منتهی شد .

این نظریه یقیناً در آغاز موجب پیشرفتی در نظریه گرانش یا در فیزیک به طور کلی نشد ، از این رو مردم عادت کردند که قانون نیروی نیوتن را اصلی تحویل ناپذیر بشمارند ، اما فرضیه اثر همیشه ناگزیر نقشی ولو بدون پنهانی و درخفا در تفکر فیزیکدانان بازی کرده است . وقتی که در نیمه اول قرن نوزدهم مشابهت زیادی میان خواص نور و خواص امواج کشسان در اجسام ثقیل آشکار شد فرضیه اثر پشتیبانی تازه پیدا کرد . دیگر گویی تردیدی در این نبود که نور باید به صورت ارتعاش محیط میانجی کشان بی اثری تبیین شود که تام فضا را پر کرده است . همچنین به نظر می رسید که از قطبش پذیری نور لزوماً نتیجه میشود که سرنوشت این محیط میانجی یعنی اثر باید از گونه اجسام جامد باشد ، زیرا انتشار امواج عرضی فقط در چنین اجسامی امکان پذیر است و درستاره ها ممکن نیست . این مطلب ناگزیر به نظریه اثر شفاف (( شبه صلب )) است ، قادر به هیچ حرکت دیگری نسبت به یکدیگر نیستند . این نظریه که نظریه اثر شفاف ساکن نیز نامیده می شد در آزمایشگاهی ( برای نظریه نسبیت نیز اهمیتی اساسی دارد ) پشتیبانی نیرومند یافت این آزمایش ها بی چون و چرا ثابت کردند که اثر شفاف در حرکات اجسام مشارکت نمی کند . پدیده نور نیز نظریه اثر شبه صلب را تایید کرد . تکامل نظریه اکثریت در مسیری که کلارک مارکسول و لوزنتس آغاز کردند دگرگونی عجیب و نامنتظری را در تحول تصورات ما نسبت به اثر پدید آورد . از نظر

ماکسول ، اثیر هنوز بود با خواص صرفا مکانیکی هر چند که این خواص از نوعی بسیار پیچیده تر از خواص اجسام جامد ملموس بود ولی نه ماکسول و نه اخلافش توانستند مدلی مکانیکی برای اثیر بیندیشند که تعبیر مکانیکی قابل قبولی از قوانین میدان الکترودینامیکی ماکسول به دست دهد. این قوانین روشن و ساده بودند. ولی تعبیرهای مکانیکی آن ها خام و پر ضد و نقیض بود . فیزیکدانان نظری خاصه بر اثر پژوهش های الکترودینامیکی هانیریش هرتز ، به طرزی نامحسوس با این اوضاع و احوال ( که از دیدگاه میکانیک برای آن ها سخت دلتنگ کننده بود ) خو گرفتند آنان که سابقا از یک نظریه پنهانی می خواستند که بر مفاهیمی بنیادی از گونه ای صرفا مکانیکی مبتنی باشد، اندک اندک عادت کردند که شدت های میدان الکتریکی و مغناطیسی را نیز در کنار مفاهیم مکانیکی ، مفاهیمی بنیادی به شمارند بی آنکه بر تعبیری مکانیکی بر آن ها اصرار ورزند. فیزیکدانان نگرش صرفا مکانیکی طبیعت را رها کردند این تحول به دو گانه گرائی در حوزه مفاهیم بنیادی انجامید که در دازمدت قابل تحمل نبود . برای رهائی از این دشواری ، کوششی در جهت معکوس انجام شد تا مفاهیم مکانیکی به مفاهیم الکتریکی تحویل شود آزمایش هایی که با پرتوی B و پرتوهای سریع السیری کاتدی انجام شد اطمینان به درستی مطلق معادلات مکانیکی نیوتن را درهمشکست . هانیریش هرتز گامی برای تخفیف این دو گانگی برداشت در کار او مارونه نه تنها به صورت محمل سرعت و انرژی جنبشی و نیروهای مکانیکی گرانش ظاهر می گردد بلکه جایگاه میدان ملی الکترومغناطیسی نیز شمرده می شود. چون این میدان ها در خلاء یعنی در اثیر اشغال نشده نیز یافت می شوند. پس اثیر با سرشتی کاملا شبیه به ماده ثقیل و همتراز با آن به صورت محمل میدان های الکترومغناطیسی نیز ظاهر می گردد . این اثیر در حضور ماده در همه حرکت های آن شرکت می کند و در هر نقطه فضایی تهی سرعتی دارد. سرعت اثیر در همه جا به صورت ناپیوسته تغییر نمی کند میان اثیر هتز و ماده ثقیل که بخشی از آن متشکل از اثیر است تمایزی بنیادی وجود ندارد. نظریه هرترنه تنها از آن رو ناقص بود که هم به ماده و هم به اثیر ، بی آنکه ارتباطی معقول میانشان باشد، خواص الکتریکی و مکانیکی

نسبت می داد. بلکه نتیجه آزمایش معروف فیزو در مورد سرعت انتشار نور در مایع متحرک و حقایق تجربی دیگری که درستی آن ها تصدیق شده بود ناسازگار بود. وقتی که لورتنس قدم به صحنه گذاشت وضع بر این منوال بود لورتنس نظریه را با آزمایش هماهنگ ساخت و این کار را به کمک ساده سازی حیرت آوری در مفاهیمی اساسی آن انجام داد اواثیر را از خواص مکانیکی و ماده را از خواص الکترومغناطیسی بی بهره ساخت و از این راه به بزرگترین پیشرفت در علم اکثریت از زمان ماکسول به بعد دست یافت در داخل اجساممادی نیز چون در فضای تهی فقط اثیر جایگاه میدان های الکترومغناطیسی است نه ماده ای که اتمی شمرده می شود بنابر نظریه لورتنس ، ذرات بنیادی ماده فقط قادر به انجام دادن حرکات هستند؛ فعالیت الکترومغناطیسی آنها تماما معلول این واقعیت است که بار الکتریکی دارند. بدین ترتیب لورتنس توانست همه پدیده های الکترومغناطیسی را به معادلات ماکسول برای میدانی در خلاء تحویل کند. در مورد سرشت مکانیکی اثیر لورتنس می توان به شوخی چنین گفت که بی حرکت بودن تنها خاصیت مکانیکی بود که لورتنس برای آن باقی گذاشت . میتوان این نکته را افزود که تنها تغییری که نظریه نسبت خصوصی در تصور ما نسبت به اثیر پدید آورد این بود که اثیر را از آخرین کیفیت مکانیکیش یعنی بی حرکت بودن نیز محروم ساخت. نظریه میدان الکترومغناطیسی ماکسول - لورتنس مدلی بود برای نظریه فضا - زمان جنبش شناسی نظریه نسبت خصوصی. بنابراین این نظریه در شرایط نظریه نسبت خصوصی صدق می کند ولی چون از دیدگاه نظریه اخیر بدان نظر شود، سیمایی تازه می یابد اگر  $C$  دستگاه مختصاتی باشد که اثیر لورتنس نسبت به آن ساکن است آن گاه معادلات ماکسول در  $C$  صادق است . مطابق نظریه نسبت خصوصی این معادلات درست به همان معنی ، در دستگاه مختصات جدید  $C$  نیز که در حرکت انتقالی یکنواختی نسبت به  $C$  است ، صدق میکند .

حال با این سوال ناهنجار روبرو می شویم که چرا دستگاه  $C$  که از نظر فیزیکی کاملا هم از دستگاه  $C$  است باید با این فرض از دستگاه دیگر متمایز شود که اثیر نسبت به آن ساکن است .

نظریه دان ، چنین عدم تقارنی در ساخت نظری را که نظیرش در دستگاه حقایق تجربی وجود ندارد ، غیر قابل تحمل می یابد . آشکارترین راهی که در برابر چنین موقعیتی می توان اختیار کرد این است : چیزی به نام اثر وجود ندارد . میدان های الکترومغناطیسی حالت های یک محیط میانجی نیستند بلکه واقعیات مستقلی هستند که مانند اتم های ماده ثقیل نه به چیزهایی دیگر قابل تحویلند و نه به محملی متصلند . واقعیت زیر این نگرش را طبیعی تر جلوه می دهد : مطابق نظریه لورنتس اشعه الکترومغناطیسی مانند ماده ثقیل دارای اندازه حرکت و انرژی است و بنا بر نظریه نسبیت خصوصی ، ماده و اشعه صرفا صورت های خاصی انرژی توزیع شده هستند ، چندان که جرم ثقیل دیگر موقعیت خاص خود را از دست می دهد و به صورت نوع خاصی از انرژی در می آید . در عین حال تامل دقیق تر نشان می دهد که اصل نسبیت محدود نفی وجود اثر را ایجاب نمی کند . می توان وجود اثری را فرض کرد ، او باید از دادن حالت حرکت مشخصی به آن خودداری ورزید . یعنی باید آن را از آخرین خاصیت مکانیکی که لورنتس برایش باقی گذاشت متنوع کرد . امواج سطح آب را در نظر بگیرید . در توصیف این پدیده دو وجه متفاوت وجود دارد . میتوان تغییرات پی در پی را که در سطح نوسان کننده یعنی حد فاصل آب و هوا روی می سد دنبال کرد و نیز می توان مکان های متوالی ذرات منفرد را فرضا به کمک اجسام کوچک شناور - ترمیم کرد .

اگر در طبیعت این مساله هیچ جسم شناوری وجود نمی داشت که در رسم حرکت ذرات مایع به ما کمک کند یعنی اگر در این جریان چیزی جز تغییرات سریع مکانی در فضا که به وسیله آب اشغال شده است مشهود نمی افتاد ، هیچ دلیلی در دست نبود که آب را متشکل از ذرات فرض کنیم . ولی با وجود این می شد آن را یک محیط میانجی شمرد . در میدان الکترومغناطیسی نیز با چنین چیزی روبرو هستیم . می توانیم میدان را متشکل از خطوط نیرو تصور کنیم اگر سعی کنیم که این خطوط نیرو را چیزی مادی به معنای متداول کلمه بنگاریم و سوسه می شویم که پدیده های دینامیکی مربوط را به

حرکت خطوط نیرو نسبت دهیم حرکتی که هر خط به تنهایی در طول زمان انجام می دهد ولی همه می دانند که این شیوه نگرستن در موضوع، به نقایص می انجامد .

با تعمیم دادن مطلب باید گفت که میتوان اجسام فیزیکی گسترده ای را تصور کرد که مفهوم حرکت قابل اطلاق به آن ها نباشد این اجسام را نباید منشکل از ذراتی شمرد که مسیر تک تک آنها را میتوان در طی زمان دنبال کرد . اصل نسبیت خصوصی مانع از آن می شود که اثر را متشکل از ذراتی بدانیم که حرکتشان را بتوان در طول زمان دنبال کرد. ولی این نظریه با فرضیه اثر فی نفسه ما نعه الجمع نیست تنها باید متوجه بود که حالت حرکتی برای اثر قائل نشویم. از دیدگاه نظریه نسبت خصوصی ، فرضیه اثر به یقین در نظر اول فرضیه های تهی می نماید. در معادلات یک میان الکترومغناطیسی ، سوای چگالی بار الکتریکی چیزی جز شدت میدان وارد نمی شود. چنین به نظر می رسد که مسیر رویدادهای الکترومغناطیسی در خلاء را آن قانون درونی ، مستقل از کمیت های فیزیکی دیگر تعیین میکند. گوئی که میدان الکترومغناطیسی واقعیت تحویل ناپذیر نهائی است در نظر اول فرض وجود محیط اثری تکروند و همگنی که این میدان ها حالت های آن شمردن شوند زائد می نماید از سوی دیگر دلیل مهمی به سود فرضیه اثر وجود دارد. نفی وجود اثر در تحلیل نهائی نفی هر گونه خاصیت فیزیکی ما میکند. تازگی ریشه ای اثر نسبیت عمومی نسبت به اثر لورنتس در این است که حالت آن در هر نقطه به وسیله قوانین معین می شود که مبین رابطه آن حالت با ماده با حالت اثر در نقاط مجاور است؛ این قوانین به صورت معادلات دیفرانسیل بیان می شود. ولی حالت اثر لورنتس ، در غیاب میدان های الکترومغناطیسی ، به وسیله هیچ چیزی از بیرون تعیین نمی شود و در همه جا یکسان است . اثر نظریه نسبیت عمومی وقتی به اثر لورنتس تبدیل می شود که اعداد ثابت را جانشین توابع فضائی بیان کننده حالت آن کنیم ، یعنی از عللی که این حالت را مشروط می سازند چشم پوشیم .

بنابراین می توان گفت که اثر نسبیت عمومی با مبنی کردن اثر لورنتس حاصل میشود، سهمی که اثر جدید باید در چارچوب آینده فیزیک ایفاء کند . هنوز مشخص نیست .

می دانیم که ایناثر هم روابط مادی در پیوستار فضا - زمان مثلا آرایش های ممکن اجسام صلب - را تبیین می کند و هم میدان های گرانشی را ول نمی دانیم که آیا نقش اساسی در ساختمان ذرات الکتریکی تشکیل دهنده ماده خواهدداشت یا نه و نیز نمی دانیم که آیا ساختار اثر لورتنس در مجاورت اجرام ثقیل تفاوت چندانی دارد یا نه و آیا هندسه فضاهائی به وسعت کیهانی در مجموع تقریبا اقلیدسی است یا نااقلیدسی. ولی به اعتبار معادلات مبنی گرانش می توان گفت که اگر چگالی متوسط ماده در جهان مثبت ولوبسیار کم باشد ، رفتار فضاهای با ابعاد کیهانی اقلیدسی نخواهد بود. در این حالت جهان به ضرورت باید فضائی بسته با اندازه متناهی را به وجود آرود . اندازه ی این فضا را مقدار چگالی متوسط ماده تغییر میکند اگر در میدان گرانشی و میدان الکترومغناطیسی از دیدگاه فرضیه اثر بنگریم به تفاوتی اساسی میان این دو پی خواهیم برد.

هیچ فضا و هیچ بخشی از فضا فاقد پتانسیل گرانشی نیست ؛ زیراخواص مری فضا را پتانسیل گرانشی بدان میدهد و بدون این خواص فضا قابل تصور نیست . وجود میدان گرانشی مستقیما به وجود فضا وابسته است . از سوی دیگری کاملا میتوان تصور کرد که بخشی از فضا فاقد میدان الکترومغناطیسی باشد . پس چنین به نظر می رسد که ارتباط میان الکترومغناطیسی با اثر برخلاف میدان گرانشی صرفا ارتباطی ثانوی است ، زیرا طبیعت صوری آن را اثر گرانشی تعیین نمی کند در وضع کنونی نظریه چنین به نظر می رسد که گوئی میدان الکترومغناطیسی بر مقایسه با میدان گرانشی بر انگیزه صوری کاملا جدیدی مبتنی است : گوئی طبیعت به جای آنکه از میدان هایی از گونه الکترومغناطیسی به اثر گرانشی اعطا کرده باشد ، میدانهای نوع دیگری مثلا میدان هایی با پتانسیل اسکالر به آن چسبیده است . چون بر اساس مفاهیمکنونی ، ذرات اصلی ماده نیز در بن چیزی جز تراکم میدان الکترومغناطیسی نیستند نگرش نوین ما از جهان به دو واقعیت قائل است که از لحاظ مفهومی کاملا مستقل از یکدیگرند گرچه ممکن است به نحوی علتی با یکدیگر مرتبط باشند. این دو واقعیت عبارتند از اثر گرانشی و میدان الکترومغناطیسی . یا ممکن است آن ها را این چنین نامید فضا و ماده.

البته اگر بتوان میدان گرانشی و میدان الکترومغناطیسی را در ساختاری واحد با هم ترکیب کرد گام بزرگی به پیش خواهد بود. تنها در این صورت میتوان دوران یرا که فارادی و کلارک ماکسول در فیزیک نظری آغاز کردند به انجامی رضایت بخش رسانید.

در این صورت تقابل اثر و ماده از میان خواهد رفت و تمامی فیزیک، مانند هندسه و سینماتیک و نظریه گرایش از مسیر نظریه نسبیت عمومی دستگاه فکری کاملاً بسته ای خواهد شد. میتوان چنین خلاصه کرد. بنابراین نظریه نسبیت عمومی فضا واجد کیفیت هائی فیزیکی است پس به این معنی اثری وجود دارد. فضای بدون اثر غیر قابل تصورات، زیرا در چنین فضائی نه فقط نور انتشار نخواهد یافت بلکه وجود خط کش ها و ساعت ها نیز ممکن نخواهد بود و در نتیجه فواصل فضا - زمانی به مفهوم فیزیکی وجود نخواهد داشت. اما نباید تصور کرد که این اثر دارای همان خواص شاخص محیط میانجی ثقیل است. از آن جمله این که مرکب از ذراتی است که حرکات آن ها را میتوان دنبال کرد. و نیز نباید مفهوم حرکت را به آن اطلاق کرد.

درباره ی نظریه نسبیت :

منشاء نظریه نسبیت مبتنی بر نظرپردازی نبوده است. ابداع آن تماماً حاصل این ارزو بوده است که نظریه فیزیکی تا حد ممکن با واقعیت های مشهود سازگار باشد. در این جا با عملی انقلابی روبرو نیستیم، بلکه نسبیت دنباله طبیعی راهی است که قرن ها سابقه دارد. بنابراین دست کشیده از برخی از مفاهیم ما که به فضا و زمان و حرکت مربوط می شوند و تا کنون از زمره مبانی به شمار آمده اند، نباید کاری دلخواه تصور کرد، بلکه باید آن را کاری دانست که از حقایق مشهود نتیجه شده است.

قانون ثابت بودن سرعت نور در فضای تهی که با پیشرفت الکترو دینامیک و نورشناسی تایید شده است و هم ارزی همه دستگاههای ماندی (اصل نسبیت خصوصی) که به نحو بسیار قاطعی به وسیله آزمایش معروف مایکسن ثابت شد. بیش از هر چیز نسبی کردن مفهوم زمان را ضروری ساخت بدین معنی که به هر دستگاه ماندی زمان خاص

خودش نسبت داده شود با پیدایش این مفهوم آشکار شد که درباره ی ارتباط میان تجربه بی واسطه از یکسو و مختصات و زمان از سوی دیگر، به دقت کافی اندیشه نشده بود. به طور کلی یکی از جنبه های اصلی نظریه نسبیت این است که می کوشد تا روابط میان مفاهیم عام و حقایق تجربی را آشکار سازد. در این جا اصل اساسی این است که اعتبار یک مفهوم فیزیکی منحصر در گرو ارتباط روشن و بی ابهام آن با حقایق قابل تجربه است در نظریه نسبیت خصوصی مختصات فضائی و زمان هنوز تا حد که مستقیماً با اجسا و ساعت های ساکن قابل اندازه گیری هستند. سرشتی مطلق دارند. ولی از آن رو که تابع حرکت دستگاه ماندی اختیار شده هستند نسبتند در نظریه نسبیت خصوصی، آن پیوست چهار بعدی که از اتحاد فضا و زمان پدید آمده است. سرشت مطلق که فضا و زمان در نظریه نسبیت خصوصی، آن پیوست و چهار بعدی که از اتحاد فضا و زمان پدید آمده است. سرشت مطلق که فضا و زمان در نظریه پیشین جداگانه دارا بودند حفظ می کند، اثر حرکت در شکل اجسام و در آهنگ حرکت ساعت ها و نیز هم ارزی انرژی و جرم ماندی جملگی از تعبیر مختصات و زمان به عنوان نتیجه های اندازه گیری حاصل می شود. نظریه نسبیت عمومی بیش از هر چیز هستی خود رامدیون واقعیت تجربی برابری جرم های ماندی و گرانشی اجسام است، واقعیتی بنیادی که فیزیک کلاسیک هیچ تعبیر و توضیحی برای آن ندارد. چون اصل نسبیت را به دستگاه های مختصاتی تعمیم دهیم که نسبت به یکدیگر شتاب دارند به چنین تعبیری دست می یابیم وارد کردن دستگاه های مختصاتی که نسبت به دستگاه های ماندی دارای شتاب اند، بروز میدان های گرانشی در دستگاه های اخیر را ایجاد میکند. در نتیجه، نظریه نسبیت عمومی که بر تساوی ماد و وزن مبتنی است به نظریه برای میدان گرانشی می انجامد.

دستگاه های مختصاتی را که نسبت به یکدیگر دارای شتابند یکسان و هم ارزند همراه با پیامدهای نظریه نسبت خصوصی به این نتیجه می انجامد که قوانین ناظر بر آرایش اجسام صلب در فضا در حضور میدان های گرانشی، قوانین هندسه اقلیدسی نسبت نتیجه ی مشابهی نیز از حرکت ساعت ما حاصل می شود. این نکات به ضرورت

تعمیم دیگری از نظریه فضا و زمان می انجامد زیرا دیگر تفسیر مسقیم مختصات فضائی و زمانی به یاری اندازه گیری هایی که با خط کش و ساعت انجام می شود . امکان پذیر نیست . اساس چنین تعمیمی در متریک که قبلا در حوزه ریاضیات محض با پژوهش های گاوس و ریمان انجام شده بود این واقعیت بود که متریک نظریه نسبت خصوصی همچنان می تواند در حالت کلی برای نواحی کوچک معتبر باشد . روند تحولی که خطوط اصلیش در اینجا رسم شد . برای مختصات فضا- زمان هیچ گونه واقعیت مستقلی باقی نمی گذارد آن چه از نظر متریک واقعیت دارد ، تنها از راه ترکیب مختصات فضا و زمان یا کمیتاتی ریاضی که میدان گرانشی را توصیف میکنند به دست می آید . با این حال عامل دیگری نیز وجود دارد که اساس تکامل نظریه نسبت عمومی است نظریه نیوتنی چنانکه ارنست ماخ موکدا متذکر شد از جنبه زیر نارسا است : حرکت چون از دیدگاهی صرفا توصیفی و نه علیتی بررسی شود تنها به صورت حرکت نسبی اشیاء نسبت به یکدیگر وجود خواهد داشت ولی چون از مفهوم حرکت نسبی آغاز کنیم شتاب که در معادلات حرکت نیوتن ظاهر می شود ، غیر قابل فهم می شود. این نکته نیوتن را واداشت تا فضائی فیزیکی ابداع کند که شتاب بنا به فرض نسبت به آن وجود دارد . وارد کردن مفهوم فضای مطلق به این منظور خاص گرچه از نظر منطقی مورد اشکال نیست قانع کننده به نظر نمی رسد به همین دلیل ماخ کوشید که معادلات مکانیک را چنان تغییر دهد که مانند اجسام به حرکت نسبی آنها نسبت به کل اجسام ثقیل مربوط شود نه نسبت به فضای مطلق.

این تلاش با در نظر گرفتن وضع دانش آن زمان محکوم به شکست بود ولی طرح مساله کاری کاملا معقول به نظر می رسد این نحوه استدلال در نظریه نسبت عمومی از نیروی بسیار بیشتری برخوردار است ؛ زیرا بر طبق این نظریه خواص فیزیکی فضا از ماده ثقیل متأثر است . نظریه نسبت عمومی تنها در صورتی می تواند این مساله را به نحو رضایت بخش حل کند که جهان را از نظر فضائی بسته به شمار آورد. چون بپذیریم که چگالی متوسط ماده ثقیل در جهان اندازه متناهی - ول بسیار کوچک - دارد . نتایج ریاضی این نظریه اتخاذ چنین نگرشی را الزام آور می سازد.