احیاء تفکر فلسفی در میان دانشمندان علم تجربی

مهدی گلشنی

استاد دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شریف

رهیافت
شماره دوم_ پاییز و زمستان 1370

با رشد مکاتب مختلف تجربه گرایی در اوایل قرن حاضر، فلسفه جاذبه اش را درمیان دانشمندان علوم تجربی از دست داد و ظهور فیزیک کوانتومی با نگرش پوزیتویستی خود این امر را شدت بخشید . درسه دهه گذشته باد موافق تفحصات فلسفی وزیدن گرفته است وبسیاری از دانشمندان طرد تفحصات فلسفی را مورد سؤال قرارداده اند .

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فلسفه اصالتاً به معنای «دوستی حکمت» است ، ودر ابتدا شامل تمام دانشها می شد . حکمت طبیعی بخشی از فلسفه بود که جهان طبیعت را بررسی می کرد . در قرون اخیر علوم از فلسفه جدا شدند، و در قرن حاضر فلسفه تحت تأثیر «پوزیتیویسم» و مکاتب مشابه آن به تحلیل مفاهیم محدود شده است.

اما کلمه فلسفه به معنای دیگری نیز بکار می رود ، که مترادف با «متافیزیک» است ، و در این معنا علوم طبیعی و ریاضی را شامل نمی شود . در این نوشته منظور از فلسفه همین معنای اخیر است . متافیزیک در اصطلاح ارسطو به

معنای «بعد از کتاب فیزیک» بود ؛ سپیس معنای «فوق فیزیک» را از آن اراده کردند ودر این معنا متافیزیک دانشی است که از احکام کلی هستی بحث می کند .

قبل از این که علوم از فلسفه ، به مفهوم عام آن ، جدا شوند دانشمندان علوم غالباً در فلسفه تبحر داشتند و به ملزومات فلسفی علم خود توجه می کردند . نیوتون ، در نامه ای که در1679 به هوک[1] نوشت ، از بحث درباره بعضی از مسائل علمی خودداری کرد زیرا فرصت آن را نیافته بود که روی ابعاد فلسفی آنها فکر کند[1] . تامس یانگ[2] سخنرانیهایش در انستیتوی سلطنتی انگلیس درباره نور (در 1807) را تحت عنوان Lectures in Natural Philosophy چاپ کرد . همچنین دالتون[3] کتاب معروفش درباره اتم را (در 1808) به A New System of Chemical Philosophy موسوم کرد . بالاخره درجه علمی Ph.D برای فارغ التحصیلان دوره دکتری یادگاری از آن نوع نگرش است .

با جدا شدن علوم از فلسفه ، متافیزیک بیشتر و بیشتر مورد بی مهری قرار گرفت و رشد پوزیتیویسم و سایر نحله های تجربه گرا در قرن نوزدهم و پیدایش «پوزیتیویسم منطقی» در قرن بیستم این مطلب را تشدید کرد . این مکاتب فلسفی متافیزیک را امری یاوه انگاشتند و بر آن بودند که باید مشاهدات را ازجمیع مقدمات ذهنی و مفروضات متافیزیکی زدود . از نظر اینان علوم تجربی قابل اعتماد ترین و پرفایده ترین معرفت بشری است .

در حالی که علمای پیشین (نظیر نیوتون) ضمن کاوش برای یافتن قوانین علمی به ملزومات فلسفی علمشان توجه داشتند ، بسیاری از دانشمندان معاصر تفحصات فلسفی را غیر عملی و بی حاصل و باعث اتلاف وقت می دانند و برای آنها «علم» همه چیز است . این اعجاب فوق العاده نسبت به قدرت علم باعث شد که طرح هر سؤال متافیزیکی طرد شود . دیراک که از بانیان مکانیک کوانتومی بود گفت :

«این که آیا امواج حقیقی هستند یا نه مسأله ای نیست که مرا ناراحت کند، زیرا

من این را متافیزیک تلقی می کنم»[2]

به علت رواج این نوع بینش حتی دنشمندان بزرگ نیز در صورتی که به این گونه مسائل می پرداختند به بدعت گذاری متهم می شدند. شرودینگر در نا مه ای که در 1950 به آینشتاین نوشت چنین گفت :

«به نظر من ایده احتمال این روزها بطور بدی دستکاری می شود. یک حکم احتمالی این پیش فرض را دارد که موضوعش کاملاً واقعیت دارد. اگر بخواهیم به این واقعیت بپردازیم ، ما را به بدعت فیزیکی متهم می کنند»[3]

این نوع بینش هنوز هم در غالب محیطهای علمی شیوع دارد و لذا دانشجوی علوم تجربی در زمان حاضر بندرت متوجه این مطلب است که مفاهیمی نظیر زمان ، فضا ، آنتروپی، احتمال ، ثقل وغیره ، که به اوتعلیم داده می شود ، مفاهیمی بسیار پیچیده اند که بسیاری از ابعاد آنها حتی بر متخصصان نیز پوشیده است . امروز دانشجو طوری پرورش می یابد که فکر می کند پشتوانه علم جدید تجربه محض است ، و علم جدید فارغ از مفروضات متافیزیکی است ، و هرچه پژوهشگران این علوم می گویند مبتنی بر تجربه و استدلالات ریاضی خدشه ناپذیر است .

امروز هدف غالب دانش پژوهان توفیق در صحنه عمل و کشفیات جدید است ، و ارزش وحدت بخشی به دیدگاههای شخص حتی در مقیاس محدود نیز از بین رفته است. این یک بعدی بودن می تواند به فقر علوم منتهی شود و لذا در دو سه دهه اخیر سخت مورد نکوهش قرار گرفته است.

علل طرد متافیزیک

در اینجا می خواهیم به علل بی اعتنای دانشمندان نسبت به تفحصات فلسفی ویا ضدیت با آن بپردازیم ، و به دلیل پرهیز از اطاله این نوشتار تنها به ذکر سه تا از مهمترین عوامل این قضیه اکتفا می کنیم .[4].

(1) رشد تخصص گرایی

تکثیر شاخه های علوم تجربی و تخصصی شدن روزافزون این علوم باعث شده است که دانشمندان این علوم به مبادی و ملزومات فلسفی علمشان

کاری نداشته باشند و یا در پی وحدت بخشی به معلوماتشان نباشند .

بدین ترتیب جهان پژوهشگران علوم محدود به آن بخش خاصی شده است که با آن سروکار دارند . این محدود شدن بینشها بعضی از دانشمندان را برآشفته است . هایزنبرگ هشدار می دهد که :

«تخصص محدود مانعی بر سر راه شناخت است . تنها از طریق نظر افکندن به تمامی پدیده های جهان است که می توان مفاهیم صحیح را یافت . حتی در یک مسأله خاص فهم قضیه غالباً از طریق مراجعه به مسأله مشابه وحل آن در یک حوزه دیگر فیزیک میسر می شود. »[5]

(2) توفیق چشمگیر علوم در توجیه پدیده ها

عامل مهم دیگری که بی توجهی نسبت به ابعاد فلسفی علوم را در نیمه اول این قرن درمیان دانشمندان تشدید کرد موفقیت بی نظیر بعضی از نظریه ها ، مثلاً نظریه کوانتوم ، در توصیف حوزه بسیار وسیعی از پدیده ها بود . وایتسکر می گوید :

«من به هایزنبرگ گفتم که مکانیک کوانتومی جالب است . اما آیا شما معنای آن را می فهمید؟ شما باید فلسفه آن را پرورش دهید . جواب او این بودکه : اگر شما می توانی این کار را بکن . اما برای ما این خیلی مشکل است .[6]

آنگاه وایتسکر اضافه می کند:

«او لااقل قبول داشت که این کار با معنا است . اما غالب فیزیکدانان حتی این وظیفه را نمی دیدند . آنها از موفقیتها لذت می بردند . » [6]

(3) رواج فلسفه های تجربه گرا

به عقیده ما مهمترین عامل بی رونقی متافیزیک در دو سه قرن اخیر رشد فلسفه های تجربه گرا در این اعصاربوده است . تجربه گرایان بر این بودند که منشأ دانش درباره طبیعت تجارب حسی است و امور غیر محسوسی ، و از جمله مسائل متافیزیکی که امور عقلی هستند ، فاقد ارزشند . در میان گرایشهای مختلف تجربه گرایی مکاتب پوزیتیویسم و عملیات گرایی[4] بزرگترین ضربه را بر متا فیزیک وارد کردند .

پوزیتیویسم با نظریه اوگوست کنت نضبح گرفت که می گفت مبنای معتبر برای یقین چیزی جز تجربه حسی

نیست، و اکنون که ما به دوره علمی رسیده ایم طرح مسائل متافیزیکی یک امر ارتجاعی است . باید به علوم مثبت ، که هدفشان تصرف در طبیعت به منظور اصلاح زندگی است ، پرداخت .

توسعه پوزیتیویسم در قرن بیستم با تأسیس «حلقه وین» در دهه 1920 و ظهور مکتب پوزیتیویسم منطقی صورت گرفت . بنابر نظر اینان کلیه دانش بشری ازتجربه نشأت می گیرد . پس تمامی احکام ، درباره پدیده ها است . اینها اصلی ارائه دادند به نام اصل «تحقیق پذیری» که بر طبق آن یک قضیه در صورتی با معنا است که بتواند توسط مشاهدات خارجی مورد تحقیق قرار گیرد . پس قضایای متافیزیکی که قابل تأیید تجربی نیستند فاقد معنا می باشند . اینان معتقد بودند که نظریه ها واقعیت را توصیف نمی کنند بلکه صرفاً ابزارهای محاسبه ای هستند که به کمک آنها می توان پدیده های مشاهده پذیر را لااقل به طور آماری پیش بینی کرد . شلیک[5] در 1931 گفت :

«قوانین طبیعی جهان شمول نیستند، زیرا آنها را نمی توان برای تمامی موارد مورد تحقیق قرار دارد . آنها راهنماهائی برای محقق هستند که راهش را بیابد و بعضی حوادث را پیش بینی کند . »[7]

پوزیتیوستها در ثلث اول این قرن این امید را بوجود آوردند که روش علمی آنها مشکل گشای علوم است . به همین جهت دیدگاههای پوزیتیویستی روی بسیاری از علما مؤثر افتاد وفلسفه علم رایج شد_چیزی که متأسفانه تا امروز بر ذهن بسیاری ازدانشمندان علوم تجربی حاکم است . برای این که حاکمیت افکار پوزیتیویستی بر ذهن دانشمندان روشن شود به نقل دو قول اکتفا می کنیم :

_ لاینس پالینگ[6] شیمیدان برنده جایزه نوبل بر این بود که آنچه به نتایج تجربی منتهی نشود حائز اهمیت نیست .[8]

_ ادر[7] ، یکی ازعالمان فیزیک ذرات بنیادی، درکتابی که چند سال پیش تحت عنوان «طرح بزرگ»[8] نوشت چنین گفت :

«سؤالات اساسی در فیزیک ، و همین طور در سایر علوم ، مربوط به این نیست که یک چیز چگونه کار می کند یا چرا چیزی اتفاق می افتد . ما تنها می توانیم بپرسیم که چگونه یک مشاهده با مشاهده دیگر مربوط می شود . این محدودیت روی سؤالات ناشی از نوعی فلسفه

علم است که به طور ضمنی پذیرفته شده است : نوعی پوزیتیویسم منطقی . اگر چه فلسفه های شخصی دانشمندان متفاوت است ، اما آنها معمولاً مطابق این قاعده کار می کنند که تنها سؤالات مجاز آنهائی هستندکه علی الاصول بتوان به آنها ازطریق مشاهده یا مشاهدات تحت کنترل _ عملیات موسوم به تجارب _ جواب داد. [9]

مکتب تجربه گرای دیگری که در این قرن تکون یافت مکتب عملیات گرایی بریجمن[9] بود . بنابراین مکتب. یک مفهوم علمی برابر است با اعمالی که برای اندازه گیری آن انجام می گیرد . پس زمان چیزی است که ما با ساعت اندازه می گیریم و فضا چیزی است که با خط کش اندازه می گیریم . به عقیده بریجمن :

«نگرش فیزیک دان باید تجربه گرایی صرف باشد»[10]

جان دیوئی[10] وبریجمن عملیات گرایی را به فیزیکدانان نظری القا کردند . بسیاری از فیزیکدانان برجسته امریکایی نظیر کمبل[11]، ونولک[12]، اسلیتر[13]، اوپنهایمر[14]، و برایت[15] همگی در تماس مستقیم با بریجمن بودند وبعضی از آنها به تأثیر پذیری از او صریحاً اقرار کرده اند . همین طور کوندون[16] ، ومورس[17] درکتاب مکانیک کوانتومی خود ، که در1929 به چاپ رسید ، اعتراف کردند که کتاب «منطق فیزیک جدید» بریجمن مهمترین کمک را به تفکر درباره همه فیزیک کرده است.[11]

هم اکنون نیز عملیات گرایی یکی از اولین درسهائی است که به دانشجوی علوم تجربی در سال اول دانشگاه القا می شود . به کلام هالیدی _ رزنیک در کتاب معروف «فیزیک» توجه کنید :

«وقتی یک کمیت فیزیکی (مثلاً جرم) را تعریف شده تلقی می کنیم که یک دسته قواعد یا دستورالعملها برای اندازه گیری آن کمیت بیان کرده و واحدی از قبیل کیلوگرم به آن نسبت داده باشیم . »[12]

نقد ادعاهای تجربه گرایان

(1) می گویند برای این که یک مفهوم معنا داشته باشد باید بتوان یک رشته عملیات برای اندازه گیری آن تعریف کرد، والا آن مفهوم بی معنا است . اما (اولاً) همواره یک مفهوم را برحسب سایر مفاهیم تعریف می کنیم وهمواره یک دسته مفاهیم تعریف نشده باقی می

مانند . در واقع هر نظریه با تعدادی مفاهیم تعریف نشده شروع می کند و سایرمفاهیم برحسب اینها تعریف می شوند . (ثانیاً) وسایل اندازه گیری آزمایشگربه نوبه خود برحسب عملیاتی تعریف می شوند ولذا به نظر می رسد که نتوان از جائی شروع کرد .

(2) می گویند مشاهده تنها منشأ دانش است . اما (اولاً)ما ادراکاتی داریم که مستقیماً از تجربه اخذ نشده است، مثل مفهوم «عدم» که مستقیماً از طریق ادراک حسی برای ما حاصل نشده است . (ثانیاً) معیار قرار دادن تجربه خود یک امر تجربی نیست، بلکه یک اصل متافیزیکی است . (ثالثاً) دربسیاری از موارد، دانش ما از مشاهده محض فراتر می رود . مثلاً این استنتاج که ستارگان اجسام بسیار بزرگند از طریق احساس بسری برای ما حاصل نشده است . (رابعاً) تعداد آزمایشهائی که یک آزمایشگر انجام می دهد محدود است، در حالی که قانون مورد ادعای او عام است و فراتر از تجارب او است . (خامساً) تجربه گرایی محض راه کشف را می بندد . سالها است که فیزیکدانان معتقد به وجود کوارکها هستند، در صورتی که کوارکهای آزاد مشاهده نشده اند .

(3) می گویند که هرچیزی که قابل تحقیق تجربی نیست باید از فیزیک حذف شود . این مبنای استدلالی بود که آینشتاین در اوایل قرن به کاربرد که زمان مطلق یا اتر را نفی کند . البته آینشتاین بزودی این دیدگاه را کنار گذاشت ، اما بسیاری از دانشمندان معاصر هنوز به آن پای بند هستند .

فاینمن[18] در نقد این دیدگاه می گوید :

«مطلب دیگری که از شروع تکون مکانیک کوانتومی مورد تأکید قرار گرفته است این است که نباید در مورد اشیائی که نمی توانیم اندازه گیری کنیم صحبت کنیم . یک شی ، مگر آنکه بتواند از طریق اندازه گیری تعریف شود جائی در نظریه ندارد . . . این همواره خوب است که بدانیم کدام یک از مفهومها را نمی توان مستقیماً مورد آزمون قرار داد، اما لازم نیست که ورای اینها را کنار بگذا ریم . . .

در مکانیک کوانتومی ، دامنه احتمال را داریم ، پتانسیل را داریم ، و بسیاری دیگر از کمیات را که نمی توانیم مستقیماً اندازه بگیریم . اساس علم قابلیت پیش

بینی آن است. ما باید نتایج آزمایشها را به ناحیه هائی که تاکنون مورد آزمون قرار نگرفته اند تعمیم دهیم والا هیچ پیش بینی نداریم . »[13]

(4) بعضی از نظریه پردازان ادعا می کنند که نظریه شان را مستقیماً از تجربه گرفته اند . اما، همان طور که آینشتاین متذکر شده است ، اگر قرار بود نظریه ها مستقیماً از آزمایشها نتیجه شوند مکانیک نیوتونی نبایستی هرگز به وسیله مکانیک نسبیتی جایگزین می شد .[14]

در اینجا یادآوری دو نکته مناسب به نظر می رسد :

(اولاً) یک فرمول تأیید شده در تجربه می تواند از نظریه های مختلفی نتیجه شود .

(ثانیاً) بعضی از مفهومهای کلیدی فیزیک به وسیله ریاضیدانانی عرضه شده است که کاری به مسائل فیزیک نداشته اند . وقتی که آپولونیوس یونانی نظریه مقاطع مخروطی را عرضه کرد کاربرد آنها در فیزیک مطرح نبود. این کپلر و گالیله بودند که در حدود 1800 سال بعد به کاربرد مقاطع مخروطی در حرکت سیارات و سنگها پی بردند . همین طور وقتی گاوس و ریمان هندسه ریمانی را مطرح کردند نشانی از کاربرد آنها در فیزیک نبود و این آینشتاین بود که چند دهه بعد ، از هندسه ریمانی در بنای نظریه ثقل استفاده کرد . همچنین وقتی که مفهوم فضای هیلبرت مطرح شد کاربردی برای آن در فیزیک متصور نبود، اما بعداً فون نویمان[19] آن را در بنای نظریه کوانتوم بکار برد .

همین طور وقتی که ذیمقراطیس مفهوم اتمها را مطرح کرد هیچ شاهد تجربی بر وجود اتمها موجود نبود . استدلال ذیمقراطیس این بود[15] که او می خواهد بدین طریق انسان را از ترسی رهایی بخشد ، ترس از نیروهای اسرارآمیز اشیای محیط . این شواهد را نمی توان بر اساس مکتب تجربه گرایی توجیه کرد.

(5) می گویند مشاهده مقدم بر نظریه است و ما چیزی جز حقایق برهنه نمی بینیم. اما واقعیت این است که ما هرگز با ذهن خالی سراغ مشاهده نمی رویم و در هر مشاهده همواره تعدادی پیش فرض وجود دارد . مثلاً وقتی طول یک شی ، را با متر اندازه می گیریم توجهی به جهت

گیری میز در فضا نداریم ، زیرا بین جهات مختلف فضا تمایزی قایل نیستیم . بعلاوه این نظریه است که به ما می گوید دنبال چه چیزهائی بگردیم . برای نشان دادن نقش نظریه در مشاهده کافی است به مسأله کشف پوزیترون (ضد الکترون) نظر افکنیم . قبل از این که دیراک وجود پوزیترون را پیش بینی کند آزمایشگران مشاهده کرده بودند که درمواردی مسیر ذرات در اتاقک ابری مناسب یک ذره با بارمثبت بود . اما آنها مسأله وجود ذرات با بارمثبت را جدی نگرفتند ، زیرا در آن زمان تعصبهائی بر علیه فرض ذرات جدید وجود داشت اما وقتی که دیراک ، براساس مبانی نظری ، وجود ضد الکترون را پیش بینی کرد ، آزمایشگران به دنبال آن ذره گشتند و آن را یافتند . آری چنانکه گونتراستنت[20] استاد میکروبیولوژی دانشگاه کالیفرنیا (برکلی) متذکر شده است ، ادعای اینکه دانشمندان با ذهن باز با حوادث برخورد می کنند حرف مهملی است :

«این تصویر از دانشمند به عنوان کسیکه ذهن باز دارد و شواهد له و علیه را می سنجد چیز کاملاً چرندی است . دانشمندان جهان را مطالعه می کنند ، جهان خارجی را ، و آن ما را در برابر پدیده های بی شماری قرار می دهد . پس شما نمی تو انید با همه آنها روبرو شوید . شما باید انتزاعاتی بکنید ، باید زیر مجموعه ای از پدیده ها را انتخاب کنید و مورد بررسی قرار دهید ، و این گزینش لزوماً تحت الشعاع نظریه انجام می گیرد . پس درست به دلیل این حقیقت که شما توجهتان را به چیز خاصی معطوف می کنید ، از اول واجد پیشداوری می شوید، این مسأله ذهن باز حرف خیلی مهملی است .» [16]

(6) می گویند نظریه ها صرفاً برای ربط دادن پدیده ها و پیش بینی ها تعبیه می شوند و نمایشی از واقعیت نیستند . به عبارت دیگر، نظریه ها صرفاً ارزش ابزاری دارند . فاینمن صریحاً می گوید:

« تنها چیزی که مورد علاقه من است این است که قواعدی پیدا کنم که با رفتار طبیعت توافق داشته باشد. و بر این هستم که کوشش نکنم از این حد فراتر روم. »[17]

این دیدگاه روشن نمی کند که چرا ما

غالبـاً دنبـال چیزهـائی کـه در زنـدگی روزمره مان تـأثیر ندارنـد هسـتیم؟ چـرا می خواهیم ساختار ماده را بدانیم وچـرا می خواهیم بدانیم درنقاط دور جهان چـه می گذرد . تلاش وقفه ناپـذیر دانشـمندان فقط یک توجیه معقول دارد و آن ایـن کـه آنها می خواهند جهان طبیعت را بفهمنـد . بقول واینبرگ[21]:

«اما اگر در نتایج پژوهشـهای مـا هـیچ تسلی در کار نباشد ، لااقـل در خـود ایـن پژوهشـــها قـــدری تســـلی وجـــود دارد . مردان و زنان راضی نمی شوند که خـود را با قسه های خـدایان و غولهـا آرامـش بخشند یا آن که افکـار خـود را بـه امـور روزمـره زنـدگی محـدود سـازند . آنـان تلسکوپها و ماهواره ها و شـتابدهنده هـا نیز می سازند ، و ساعات طـولانی پشـت میزهایشان می نشینند تا معنـای اطلاعـاتی را کـه گـرد آورده انـد اسـتخراج کننـد . تـلاش انسـان بـرای درک جهـان یکـی از معدود چیزمائی است کـه زنـدگی او را از سطح کمدی فراتر می برد.» [18]

آیا دانشمندان علوم تجربـی در طـرد متافیزیک موفق بوده اند؟

در اینجا می خواهیم بگوییم که علمـای معاصر، برخلاف ادعای بعضـی از آنـان، هرگـز موفـق بـه حـذف متافیزیـک از علمشان نشده اند. دلایل ما بـه قـوار زیـر است:

(1) بسـیاری از مفهومهـای مهمـی کـه توسـط دانشـمندان علـوم تجربـی مطـرح شـده انـد شـامل مفروضـات متـافیزیکی است : مثلاً بور به ایـن نتیجـه رسـید کـه نور یا ماده هم خاصـیت مـوجی دارنـد و هم خاصیت ذره ای ، و ایـن دو خاصـیت مکمـل ولـی مانعـه الجمـع هسـتند . ایـن مطلب به اصل «مکملیت» معـروف اسـت . اما این اصل بعضـی مقـدمات متـافیزیکی دارد . مثل این فرض که مفاهیم کلاسـیک تنهـا مفـاهیمی هسـتند کـه مـا در اختیـار داریـم . همـین طـور هـایزنبرگ در نفـی حاکمیت علیت در جهان به اصـولی فـوق تجربه متوسل شد . مثلاً یـک اسـتدلال او این بود کـه در فیزیکمـا بایـد خـود را بـه توصیف مشاهدات محدود کنـیم و چـون در مشاهداتی که در سطح اتمـی صـورت می گیرد اصل علیت را کـارا نمـی بینـیم ،

پس این اصل بی حاصل و بی معنا است. [19]

(2) بسیاری از دانشمندان ادعا می کنند که به هیچ اصل متافیزیکی معتقد نیستند وصرفاً تابع تجربه اند . اما در عمل می بینیم که همه آنها اصولی فوق تجربه را بکار می برند . حتی خود پوزیتیویست های منطقی ، که متافیزیک را بی معنا می دانستند، دارای متافیزیک خاصی بودند متافیزیکی که آنها با آن مخالف بودند یک متافیزیک متعالی بود ، یعنی متافیزیکی که به یک واقعیت فوق تجربی معتقد بود . اصولاً فعالیت علمی مبتنی بر فرض وجود عالم خارج و فرض قابل درک بودن طبیعت است ، و بدون اینها فعالیت علمی بی معنا است ، به قول دوبروی[22]، فیزیکدان برنده جایزه نوبل :

«همه کار علم ، لااقل علم نظری، که خود را به مشاهدات ساده محدود نمی کند، بلکه به دنبال تعبیر آنها است، مبتنی بر اصل زیر است : می توان تعابیری، لااقل ناقص، با اتکا به قواعد استدلال ، از واقعیت فیزیکی بدست داد . اما این اصل ، که معمولاً بدون سؤال پذیرفته می شود، اصولاً بسیار گستاخانه است . در بیان این که یک هم آهنگی بین استدلالات و حقایق وجود دارد ، ما احتمالاً تا حد آنهائی می رویم که احساس زیبایی را به عنوان راهنمائی به جاده‌حقیقت معتبر می دانند . »[20]

(3) مسائل بسیاری در علوم مطرح است که جوابگویی به آنها از حد تجربه محض خارج است . مثلاً :

- واقعیت فیزیکی چیست ء و آیا واحد است یا متعدد، مادی است یا غیر مادی و یا هر دو؟

- احتمال را چگونه تعبیرمی کنیم؟ به عنوان فرکانس نسبی یا به عنوان گرایش؟

- آیا هر نظریه آماری را می توان از یک نظریه موجبیتی عمیق تر بدست آورد؟

- آیا نظریه کوانتوم منطق خاص خودش را لازم دارد؟

نیاز دانشمندان به فلسفه

به دلایل زیر دانشمندان علوم تجربی به فلسفه نیاز دارند .

(1) فلسفه روی جهت گیری تحقیقات

اثـر مـی گـذارد، زیـرا هرکـار تحقیقـاتی همواره با یک فلسفه خاص صـورت مـی گیرد . یک تجربه گرا تنهـا بـه گـردآوری اطلاعات مربوط بـه پدیـده هـا اکتفـا مـی کند. اما دریک جهـان بینـی وسـیعتر ایـن کفایت نمی کند . پس جهان بینی و نگرش فلسفی محقق اسـت کـه هـدف تحقیـق را تعیین می کند . یک اصـل متـافیزیکی مـی تواند پیشرفت یک نظریه را متوقف کند یا تحقیقاتی را در جهتی خاص به راه اندازد . روسها قـانون منـدل[23] در علـم وراثـت (ژنتیک) را محکوم کردنـد و طرفـدارانش را برای مدتی مجازات می کردند.

(2) متافیزیـک بـرای علـم بـه منزلـه چهـارچوب اسـت . در واقـع کـار هـر دانشـمند مبتنـی بـر بعضـی اصـول عـام است که به عنوان اصول راهنما عمل مـی کنند و در تحقیقات علمی نقش سرنوشـت سازدارند . ما د راینجا بـرای نمونـه چنـد تا از این اصول متداول را ذکر می کنیم .

- یکـی از اصـول بسـیار رایـج «اصـل سادگی» اسـت . ایـن اصـلی اسـت کـه از زمانهای بسیار قدیم مورد اسـتفاده قـرار گرفته است . هـایزنبرگ معتقـد اسـت کـه علـت گـرایش آریسـتارخوس یونـانی بـه مـدل خورشـید _ مرکـزی تکیـه اوبـه سـادگی ریاضـی بـوده اسـت ، [21] هایزنبرگ خودش معتقد است کـه ضـرب المثل قدیمی لاتینی ، که «سـادگی علامـت صحت است» «ممکن است هنـوز بهتـرین معیار برای درستی مفاهیم باشـد. [22] و نیـز معتقـد اسـت کـه «سـادگی ریاضـی بالاترین اصـل راهنمـا در کشـف قـوانین طبیعی بحساب می آیـد . »[23] ابـن سـینا در رد بر امکان کیمیـاگری بـه ایـن اصـل توسل می جوید:

«طبیعـت راه نزدیـک تـر را فـرو نمـی گذارد که راه های سـعب تـر و دورتـر را برگزیند.»[24]

عین این را گالیله می گوید:

«کاری را که با عوامل می توان انجام داد . . . طبیعت با عوامل بیشتر انجام نمی دهد.»[25]

آیـا اصـل «طبیعـت از سـاده تـرین راه می رود» از تجربه نتیجه شده است؟ اگـر چنین بود منکری نمی داشت. اما واقعیـت این است که همه علما بر این اصـل اتفـاق نظر ندارنـد. دایسـون فیزیکـدان برجسـته معاصر می گوید:

«چه درسـهای فلسـفی از کشـفیات جدیـد در

فیزیک نتیجه می شود؟ اولین درسی که باید آموخته شود این است که طبیعت پیچیده است . چیزی به عنوان یک جهان مادی ساده وجود ندارد . دیدگاه کهنی که آینشتاین در سراسر عمرش داشت، و بنابر آن یک دنیای خارجی فضا و زمان و ماده مستقل از فکر و مشاهده انسان وجود دارد، دیگر از آن ما نیست . آینشتاین امیدوار بود که جهانی حاوی واقعیت خارجی بیابد که از طریق عده محدودی معادله دیفرانسیل قابل درک باشد . طبیعت، چنان که معلوم شده است، روی قله کوهها مستقر نیست، بلکه روی دره ها قرار دارد . »[26]

وپری گوژین[24] شیمی دان برنده جایزه نوبل می گوید :

«اندیشه سادگی جهان میکروسکپی احتمالاً یک اندیشه متروک است و هرگز برنخواهد گشت . این جالب است که می بینیم در چند لحظه تاریخ فیزیک ما خیلی نزدیک به این شده ایم که این مفهوم به سطح بنیادی توصیف برسد . دینامیک نیوتنی دقیقاً دنبال این بود که ما را به این سطح برساند . اخیراً ، وقتی آینشتاین روی نظریه میدان وحدت یافته اش کار می کرد ، اگر موفق شده بود ، این توصیف بنیادی می شد . همین طور اگر جهان تنها از الکترونها و پروتونها ساخته شده بود ، این باز توصیف بنیادی می شد ، اما هر بار مجبور شده اند که این تلاش را فروگذارند . »[27]

آری ، وقتی که دانشمندان مغیار سادگی را می پذیرند معنایش این است که فرض متافیزیکی سادگی طبیعت را مورد استفاده قرار می دهند و از تجربه گرایی محض تخلف می کنند .

ـ یکی دیگر از اصولی که در اوایل این قرن به عنوان اصل راهنما بکار رفت و هنوز هم حاکم است «اصل مشاهده پذیری» است . بنابراین اصل ، «مفاهیمی که به حقایق مشاهده پذیر مربوط نباشند نباید در توصیف نظری مورد استفاده قرارگیرند» . مثلا پائولی در 1919گفت :

«تنها باید آن کمیاتی را در فیزیک وارد کرد که علی الاصول قابل مشاهده باشند. »[28]

هایزنبرگ نیز در تدوین مکانیک کوانتومی به این اصل توسل جست . جالب این است که بسیاری از دانشمندانی که به این اصل تمسک جستند خود در مقام عمل از آن تخلف کردند . دیراک گوشزد می کند که هایزنبرگ، به رغم ادعایش، در عمل به این اصل پای بند نبود و از کمیات مشاهده ناپذیری نظیر دامنه احتمال استفاده کرد. [29]

ـ یکی از اصولی که در دو قرن اخیر مورد توجه شدید قرار گرفته - گرچه

سابقه ای بس طولانی دارد _ «اصل توحید نیروها» است ، که می گوید «همه نیروهای ظاهراً متفاوت طبیعت از یک اصل نشأت می گیرند. » بسیاری از فیزیکدانان به این تمسک جسته اند ، ولی مبنای آنها در توسل به این اصل کاملاً متفاوت است . عبدالسلام این را یک اصل بدیهی می داند ومتعجب است که چرا بعضی از فیزیکدانان برجسته آن را نپذیرفته اند . [30]

اما گلاشو[25]، شریک عبدالسلام در جایزه نوبل فیزیک ، این را پذیرفته چون در عمل مفید واقع شده است .[31] واینبرگ[26] ، شریک دیگر عبدالسلام درجایزه نوبل فیزیک که جهان را بی هدف می بیند ، دنبال نظریه های وحدت بخش است، چون از لحاظ عملی آن را مفید می بیند . حرف او این است :

«هر کس آن کاری را می کند که می تواند انجام دهد. این اصل اول در فیزیک است.»

هایزنبرگ دنبال این اصل است ، چون معتقد است که ذرات بنیادی نمایشهای ریاضی یک ابر تقارن هستند ، و ویتن[27] فیزیکدان برجسته معاصر این اصل را ضروری می بیند چون ما را از جنگل کثرات رهایی می بخشد . از طرف دیگر فاینمن[28] مطمئن نیست که این اصل در طبیعت کارگر باشد:

«این که طبیعت شکلی نهایی ، ساده ، وحدت یافته ، و زیبا داشته باشد سئوال بازی است و من نمی خواهم هیچ یک از دو طرف را بگویم.»

احیای تفکر فلسفی

دیدیم که جریانات مختلف تجربه گرایی ،

علی الخصوص پوزیتیویسم ، یک جریان ضد متافیزیک براه انداخت که دانشمندان علوم تجربی را بشدت تحت تأثیر قرار داد و رواج مکتب کپنهاکی در میان فیزیکدانان این امر را تشدید کرد ، و وضعیت چنان شد که طرح مسائل فلسفی در حوزه های علمی بی رونق شد و علم گرایی به عنوان مذهب جدید در دنیای آکادمیک جا افتاد ، و هنوز نیز وضعیت تا حدی چنین است . اکنون می خواهیم بگوئیم که در دو یا سه دهه اخیر باد مخالف این وضعیت وزیدن گرفته

است (گر چه هنوز کاملاً به دیار ما نرسیده است) و نشانه هائی از احیای تفکر فلسفی درمیان دانشمندان علوم تجربی به چشم می خورد . در اینجا شواهدی چند بر این مطلب ذکر می کنیم .

(1) بسیاری از دانشمندان از نگرش ضد فلسفی حاکم بر اذهان پژوهشگران علوم تجربی ابراز نگرانی کرده اند و آن را مانعی بر سر راه فهم عمیق طبیعت دانسته اند :

_ شرودینگر، کمی قبل ازفوتش ، به گروهی از علما که به دیدنش رفته بودند چنین گفت :

«علم جدید همان قدر از آشکار کردن قوانین زیربنایی طبیعت دور است که علم یونانیان قدیم بود»

_ بائولی انتقاد داشت که فیزیکدانان ، مثل تکنسین ها ، به مسائل خاص علاقه پیدا کرده اند و از کل غفلت دارند . وی ، در نامه ای که به یکی از فیزیکدانان نوشت ، متذکرشد که نسل او لااقل مسائل بسیار عمیق را دید ، گرچه به حل آنها موفق نشد ، ولی نسل بعدی حتی آن مسائل را ندید .

_ بالاخره سراغ پیتر مداوار[29] زیست شناس برنده جایزه نوبل می رویم که در عین اذعان به اهمیت مسائل متافیزیکی علم را یارای پا سخگوئی به آنها نمی بیند:

«این که علم محدودیتی دارد از این جهت محتمل به نظر می رسد که سئوالاتی بنیادی وجود دارند که علم نمی تواند به آنها پاسخ گوید و هیچ پیشرفت قابل تصوری در علم نمی تواند به آنها پاسخ گوید . اینها سئوالاتی هستند که کودکان می پرسند ، به قول پوپر سئوالات نهایی. سئوالاتی از قبیل سئوالات زیر مورد نظر من است :

- چگونه هر چیزی آغاز شد؟

- ما برای چه اینجا هستیم؟

- هدف از زندگی چیست؟

نظریه پوزیتیویسم . . . تمامی این سئوالات را به عنوان غیر سئوال یا شبه سئوال طرد کرد _ چیزهائی که فقط ساده دلان می پرسند و فقط افراد شارلاتان . . . ادعا می کنند که قادر به پاسخگویی آنها هستند . این طرد شتاب آمیز آدمی را تهی و ناخرسند می سازد . زیرا این سئوالات برای آنهائی که می

پرسند و آنهائی کـه در مقـام پاسـخگویی آنها هستند معنا دارند . امـا هرچـه مـورد مناقشه باشد ، این امر مورد اتفـاق اسـت که جواب اینها را نباید در علم یافت . »

وی در جای دیگر می گوید :

«برای جواب به سؤالاتی که مربوط بـه اشـیای اولیـه و نهـایی مـی شـوند، بایـد سـراغ متافیزیـک، ادبیـات خیـال انگیـز، و مذهب برویم، نه علم»

(2) مواضع ضد فلسفی تجربـه گرایـان بشدت مورد انتقاد قرار گرفته است:

- بسیاری از دانشـمندان تکیـه بـیش از حد بر نظریه های علمی رایج را مورد نقد قرار داده اند. به عنوان نمونه، سراغ جـان باهکال[30]، اختر فیزیکـدانی کـه در مرکـز مطالعـات عالیـه پرینسـتون (آمریکـا) بـه تحقیق اشـتغال دارد ، مـی رویـم. وی در جواب به سئوالی که از وی دربـاره مـدل جهان نوسانی کردند چنین می گوید :

«مـن شخصـاً احسـاس مـی کـنم کـه ایـن گسـتاخی اسـت کـه بـاور کنـیم انسـان بتوانـد ساختار کامل زمانی جهان، تحول و توسعه آن، و سرنوشـت نهـایی آن را از 10^{-9} ثانیـه اول خلقت تا 10^{10} سال بعد بر اساس سه یـا چهـار حقیقت، که خیلی هم به طور دقیق شناخته شـده نیست و بین متخصصان مـورد مناقشـه اسـت، تعیین کند. من این را گستاخی می بینم . . . ایـن سخن بدان معنی نیست که من مقالاتی مبتنی بر مدلهای کیهان شناختی قرن بیسـتم چـاپ نکـنم. بلکه بدین معنی است که مـن آنهـا را در ردیـف الهیات نیوتن در نظر می گیرم»

او سپس به ایـن نکتـه مـی پـردازد کـه تفکر علمی ما را به کجا می کشـاند و آیـا علم عملاً حقایق را به ما می آموزد یا نه؟ می گوید :

«بسیاری از دانشمندان درباره ایـن سـئوالات نگرانی ندارند. اینها سـئوالاتی نیسـتند کـه روی تحقیقات یا خلق آنها اثر بگذارد»

دیدگاه ابزار انگاران چنـد دهـه گذشـته بشـدت مـورد نقـد قـرار گرفتـه اسـت. ویتن[31] می گوید :

«هـدف از فیزیکـدان بـودن آن نیسـت کـه بیاموزیم کـه چگونـه چیزهـا را محاسـبه کنـیم، بلکه منظور این است کـه قـوانینی را بـه وسـیله آنها جهان کار می کند بفهمیم»

_ امـروز اعجـاب در مقابـل توفیقـات عملی نظریه های علمی کم رنگ تـر شـده اسـت و بـرای بسـیاری از دانشـمندان صرف موفقیت نظریه ها در عمـل کفایـت نمـی کنـد . شصـت سـال پـیش وقتـی آینشتاین بعضی از ملزومـات متـافیزیکی

نظریه کوانتوم را مورد بحث قرار داد به ارتجاع متهم شد . اما امروز به او حق می دهند که روی این گونه مسائل پافشاری داشته است . رو مر، سردبیر مجله American Journal of PhysIcs در شماره آوریل 1991 این مجله در نوشته ای تحت عنوان «جان بل ، مردی که ثابت کرد حق با آینشتاین بود .» می گوید .

«من نمی خواهم بگویم که آینشتاین درست می گفت که خدا با جهان تاس بازی نمی کند ، یا این که بل ثابت کرد که نظریه های حاوی متغیرهای نهایی معتبرند، و نظایر آن منظور من این است که بل نشان داد که حق به جانب آینشتاین بود که علائقش به سئوالات بنیادی را حفظ کرد و این که دیگران را نیز به آن تشویق کرد و این که این گونه سئوالات را بخش معتبری از فیزیک به حساب آورد، که ممکن است روزی در معرض آزمون قرار گیرند.»[41]

هاکینگ[32]، کیهان شناس معروف انگلیسی، صریحاً اعتراف دارد که کار عمده فیزیک نظری فهم طبیعت است و نه استنتاج کاربردهای عملی :

«عمده فیزیک نظری مربوط است به فهم طبیعت و نه کاربردهای عملی. زیرا ما به اندازه کافی می توانیم که این کاربردهای عملی را استخراج کنیم.»

اگر در نیمه اول قرن بیستم فیزیکدانان به این نتیجه رسیده بودند که داشتن یک توصیف ریاضی کفایت می کندو نیازی به قابل فهم بودن نظریه ها نیست و به قول کمبل[33] :

«در آخرین تحلیل، کار فیزیک نظری این است که توصیف کند نه اینکه توضیح دهد . . . »

امروز صرف توصیف ریاضی کافی نیست و فهم نظریه ها نیز مطرح است . پن رز[34] ریاضی _ فیزیکدان برجسته معاصر در ارزیابی نظریه موفق کوانتوم چنین می گوید :

«من باید با این نکته شروع کنم که نگرش کلی خودم را نسبت به نظریه کوانتوم معاصر . . . ابراز دارم . این نظریه دو دسته حقایق قوی بر له خود دارد . و تنها یک چیز بر ضد آن . اولین چیزی که به نفع آن است توافقهای شگفت انگیزی است که این نظریه تا این زمان با تمامی نتایج تجربی داشته است. دومین عامل، و به نظر من به همان اندازه مهم ، این حقیقت است که این نظریه از زیبایی ریاضی عمیق و شگفت انگیزی برخورد ار است . چیزی که بر علیه آن می توان گفت این است که این نظریه مطلقاً قابل فهم نیست.»

آری امروز، در عین موفقیت نظریه کوانتوم در صحنه عمل ، بسیاری از فیزیکدانان برجسته تلاش برای فهمیدن آن و یا جایگزینی آن به وسیله نظریه های فهم پذیر تر را مطرح کرده اند . نامبو[35]، که از فیزیکدانان جامع این عصر بشمار می رود ، در یک کنفرانس بین المللی چین گفت :

«اما هنوز این سئوال نهایی می ماند که چگونه مکانیک کوانتومی را تعبیر کنیم؟ ما از جواب خیلی دوریم . اما ما فیزیکدانان بکوششمان ادامه خواهیم داد ، به امید این که در ظرف یک مدت زمان محدود جوابی بیابیم و یا به محدودیتهای مکانیک کوانتومی پی ببریم ، و یا به هردوی اینها دست یابیم .» [45]

(3) برخی از دانشمندان ، خصوصاً بعضی از فیزیکدانان ، در سالهای اخیر به بحث درباره ابعاد فلسفی فیزیک پرداخته اند وحتی کتابهائی در این باره نوشته اند . همچنین بعضی از فیزیکدانان برجسته ، نظیر وایتسکروومارگنو[36] به تدریس فلسفه پرداخته اند . همین طور برخی از فلاسفه نظیر وان فراسن[37] کارهای مهمی درباره ابعاد فلسفی فیزیک کرده اند . بالاخره تعدادی از پژوهشگران نظیر شیمونی[38] به اخذ درجه دکتری درعلم و در فلسفه نایل آمده اند و در هردو بعد کار می کنند .

(4) تعداد مجلات پژوهشی که به ابعاد فلسفی علوم پرداخته اند به طور محسوسی افزایش یافته است و حتی بعضی از مجلات معتبر علمی گهگاه مقالات علمی _ فلسفی چاپ می کنند .

(5) تعداد کنفرانسهای مربوط به ابعاد فلسفی علوم به طور چشمگیری افزایش یافته است . تنها در دهه1980 در حدود سی کنفرانس بین المللی درباره مبانی فلسفی نظریه کوانتوم در سطح جهان برگذار شد.

اکنون روشن شده است که بینش تجربه گرایان تنها درکی سطحی از طبیعت به ما می دهد ، و چون روح انسانی قانع به سطح نیست و مایل است به عمق طبیعت پی برد ، پی در درازمدت نمی تواند این نوع نگرش را که سرکوبگر روح جستجوگر انسان است تحمل کند . حالا دیگر واضح شده است که طرد متافیزیک مسأله ای را حل نمی کند ، بلکه به جای یک متافیزیک صریح یک متافیزیک خام و کنترل نشده می گذارد

،و بعـلاوه ، همچنـان کـه بـرت[39] گفتـه است:

«از مابعدالطبیعـه . . . نمـی تـوان فـرار کرد. تنها راه برای متافیزیسین نشدن این است که چیزی نگوییم.»

در قــرن حاضــر همکــاری مفیــد و ثمربخشــی بــین علــوم نظــری و علــوم تجربی در کار بوده اسـت . اکنـون وقـت آن رسیده است که متافیزیک را به عنوان یک شریک جدید اضـافه کنـیم ، یعنـی بـه ابعاد متافیزیکی علوم توجه کامـل مبـذول داریم .

* این نوشته مبتنی بر گفتاری است که تحت همین عنوان کـه در تـاریخ 70/3/28 در نشســت علمــی – فرهنگــی دانشــگاه صنعتی شریف ایراد گردید.

1- R.Hook.
2- T.Young.
3- Dalton.
4- operationalism.
5- Schick.
6- L.Pauling
7- Adair.
8- The Great Desiym.
9- Bridgman.
10- Dewey.
11- Kemble.
12- Van valk.
13- Slater.
14- Oppenheimer.
15- Breit.
16- Condon.
17- Morse.
18- Feynman.
19- Von Neumann.
20- G.Stent.
21- Weinberg.
22- de Broylie
23- Mendel.
24- Prigogine
25- Glashow
26- Weinbery
27- Witten
28- Feynman
29- P.Medawar.
30- J.Bahcall.
31- Witten
32- Hawking.
33- Kemble.
34- R.Penrose.
35- Nambu.
36- Margenau.
37- Van Fraasen.
38- Shimony.
39- E.A.Burt.

مراجع :

[1]. D.Gjertsen,1989,science and philosophy-Pastand Present, Penguin Books, P.2.

[2]. M.De,Maria et al.,1982, Fundamenta Scientiae, Vol. 3. No.2,P.136.

[3]-Ibid.p.174.

[4] بـرای تفصـیل بیشـتر رک: مهـدی گلشـنی ،1369، تحلیلی از دیدگاههای فلسفی فیزیکـدانان معاصر ، موسسه انتشـارات امیـر کبیـر، فصـل آخر .

[5]. W.Heisenberg,1985, Werner Heisenberg , CollectedWorks, series C, part III, Springer-Verlag, P.338 .

[6]. C.F.Von Weizsäcker,1989,in Phycics in the Making ,editedby A.sarlemijn et al.,North-Holland ,P.332.

[7]. Ref. l,P.260 .

[8]. S.S. Schweber,1986, The Empiricist Temper Regnant in "Historical Studies in The Physical and Biological Science ."Vol.17.Part l,University of California, Press.P.63 .

[9]. P.K.Adair/1987,The Great Design, Oxford Universi-ty Press PP.3-4.

[10].Ref.8 ,P.62.

[11]. Ibid.,P. 64.

[12] دیویـــد هالیـــدی و رابـــرت رزنیـــک ،1369،فیزیـک، ترجمـه مهـدی گلشـنی وناصـر مقبلی ، نشر روز ، ص 1 .

[13]- R.Feynman ,1966, Feynman Lectures , Vol. 3,addi-son-Wesley , PP. 2-8 .

[14]. Einstein, ASEntenary Volume ,1979, edited by A.P French, Heineman, PP .312-3 .

[15]. A Question of Physics, 1979, edited by P. Buckley etal. Routledge & Kegan,P.83.

[16]. A Passion for Science ,1988 , edited by L .Wolpert etal . Oxford University Press , PP .116-7 .

[17]. Superstrings/A Theory of Every Thing ,1988 , edited by P.Davies, et al .,cambridge University . Press ,P.203 .

[18]. S.Weinberg, 1977, The First Three Minutes, Basic Books Inc., PP.154-5

[19]. W.Heisenberg, 1927, in Quantum heory and Measurement, 1983, edited by J.A. Wheeler et al., Princeton, P.83.

[20]. E.Cantore, 1969, Atomic Order, The MIT Press,P.305.

[21]. Ref.5,P.498.

[22]. Ibid, P.337.

[23]. W. Heisenberg, 1979, Philosophical Problems of Quantum Physics, Ox Bow Press, PP.58-9.

[24]. عبدالرحمن بن خلدون، مقدمه ابن خلـدون، دار احیاء التراث العربی، ص 529.

[25]. ادویـــن آرتـــوربرت، 1369، مبـــادی مابعـدالطبیعی علـوم نـوین، ترجمـه عبـدالکریم سروش، شرکت انتشارات علمی و فرهنگـی، ص 66.

[26]. F.Dyson,1988,Infinite in All Directions,Penguin,P.7.

[27]. Ref,15,P.77.

[28]. J. Mehra et al., 1982, The Historical Development of Quantum theory, Vol. 2, Springer-Verlag, P.278.

[29]. P.A.M. Dirac, 1970, in The Past Decade in The Particle Theory, 1973, edited by E.C.G. Sudarshan et al., Gordon and Breach, P.766.

[30]. Ref. 16, PP. 17-8.

[31]. R.P. Crease et al., 1986, The Second Creation, Collier Books PP. 17-8.
[32]. Ref. 18, P. 154.
[33]. Ref. 17, P. 293.
[34]. Ibid., P. 193.
[35]. J. Bernstein, 1982, Science Observed, BasicBooks, P. 151.
[36]. K.V. Laurikinen, 1983, Wolfgang Pauli and Philosophy, Report Series in Physics, No. HV-TFT 83-6, University of Helsinki, P.15.
[37]. P. Medawar, 1984. The limits of Science, Oxford University Press, P. 66.
[38]. Ibid., P. 60.
[39]. Ed. Regis, 1988, Who Got Einstein Office, Simon and Schuster Itd., PP. 210-211.
[40]. Ref. 17. P. 98.
[41]. R.H. Romer, 1991/American Journal of Physics, Vpl. 59, No. 4P.299.
[42]. R. Weber, 1986, Dialogues With Scientists and Sages, Routldge and Kegan Paul, P. 211.
[43]. Ref. 8, P. 63.
[44]. R. Penrose, 1986, in Quantum Concepts in space and Time, edited by R. Penrose et al., Clarendon Press, P. 126.
[45]. Y. Nambu, 1983, in Symposium on the Foundations of Quantum Mechanics in The Light of New Technology, Physical Society of Japan, P. 366.
[46] از افـادات پروفسـور سـلری (Selleri)
استاد دانشگاه باری ایتالیا
[47]. رک: مرجع شمارهٔ 25، ص 224.