XM-006 (2008/03/22)

فروکاست‌گرایی چیست؟

محمد خرمی mamwad@mailaps.org

تعریف‌ها یِ احتمالی یِ فروکاست‌گرایی [a]، و گستره یِ کاربرد ِ آن بررسی می‌شود.

مقدمه

فروکاست‌گرایی [a] ظاهراً یک نوع نگرش به طرح و حل ِ مسئله‌ها است. عده ای می‌گویند این نگرش مفید است، و در کرانه یِ این عده کس‌ان ی هستند که می‌گویند این تنهانگرش ِ مفید است. عده ای هم می‌گویند این نگرش برا یِ همه یِ مسائل مفید نیست. بین ِ این دسته هم از این نظر که این نگرش برا یِ چه مسائل ی مفید نیست فرق هست. کس‌ان ی هستند که این نگرش را برا یِ فیزیک به معنی یِ عام (علم) [1] مفید می‌دانند و برا یِ مسائل ِ دیگر نَه. بعض ی‌ها معتقد اند در خود ِ فیزیک (به معنی یِ خاص) [1] هم مسئله‌ها یی هست که فروکاست‌گرایی [a] روش ِ مناسب ی برا یِ حل ِشان نیست. فیلیپ اَندِرسِن [b] و سْتیوِن وَین‌بِرگ [c] دو فیزیک‌پیشه یِ برجسته یِ ایالات ِ متحد اند که در این مورد نظر ِ یک‌سان ی ندارند. هردو جایزه یِ نُبِل [d] گرفته اند؛ اَندِرسِن [b] در 1977 هم‌راه با مات [e] و وَن وْلِک [f]، و وَین‌بِرگ [c] در 1979 هم‌راه با گْلَشاؤ [g] و عبدالسلام [h]. اَندِرسِن [b] ماده‌یِ‌چگال‌پیشه است و وَین‌بِرگ [c] فیزیکِ‌ذرات‌پیشه. اول ی مخالف ِ فروکاست‌گرایی [a] است ([2] و [3]) و در 1987 در کنگره یِ ایالات ِ

متحد در مخالفت با ساختن ِ اَبَربرخورددهنده یِ اَبَررسانا (اِس‌اِس‌سی) [i] اظهارِنظر کرد. دومی طرف‌دار ِ فروکاست‌گرایی [a] است ([4] و [5]) و برا یِ ساخته‌شدن ِ اِس‌اِس‌سی [i] فعالیت کرده. پادفروکاست‌گرایی [j] یِ اولی و فروکاست‌گرایی [a] یِ دومی در خود ِ فیزیک (حتا به معنی یِ خاص) است.

در ایران، بین ِ فیزیک‌پیشه‌ها رضا منصوری [k] می‌گوید در فیزیک (شاید حتا نَه در همه یِ موارد) باید فروکاست‌گرا بود و در بقیه یِ زمینه‌ها پادفروکاست‌گرا ([6] و [7]).

برا یِ بررسی یِ این دیدگاه‌ها، اول باید معلوم شود منظور از فروکاست‌گرایی [a] چیست. ظاهراً در این زمینه تعریف ِ یک‌تا یی نداریم. این‌جا هدف طرح ِ تعریف‌ها یِ احتمالی یِ مختلف و بررسی یِ گستره یِ مفیدبودن ِ فروکاست‌گرایی [a] یا پادفروکاست‌گرایی [j] است.

0 فروکاست‌گرایی و عدد و تجربه

ابزار ِ بیان ِ یک ادعا (یا نتیجه) چیست؟ ابزار ِ تحقیق ِ درستی یِ یک ادعا چیست؟ یک جواب این است. ابزار ِ بیان عدد (ریاضیات) است، و تجربه تعیین می‌کند ادعا یی درست است یا نَه. البته تجربه باید مستقل از شخص و زمان و مکان تکرارپذیر باشد. ضمناً ادعا نباید ناسازگاری یِ ریاضی داشته باشد. این ابزارها (عدد و تجربه و ریاضیات) این ویژه‌گی را دارند که به شخص بسته‌گی ندارند. شاید این که روش ِ فیزیک این است بدیهی بنماید. برا یِ این که معلوم شود چنین نیست (یا نبوده است) می‌شود به [8] (فیزیک ِ آریستُتِلیس [l] یا حتا [9] (گفت‌وگو یِ گالیلئو [m]) نگاه کرد. نَه این که در این کتاب‌ها عدد (کمیت) نیست (هر چند سبک ِ این کتاب‌ها یافتن ِ کمیت‌ها در آن‌ها را دشوار می‌کند)، اما مقدار ِ زیاد ی حرف (ادعا) دیده می‌شود که راه ِ تحقیق ِشان معلوم نیست، گاه ی معنی یِشان هم معلوم نیست. به بیان ِ پاؤلی [n]، این ادعاها حتا غلط هم نیستند. در برابر ِ این‌ها پْرینکیپیا [10] یِ نیوتُن [o] است، که سراسر عدد و استدلال ِ ریاضی است.

از نیوتُن [o] به بَعد، دستِ‌کم متن‌ها یِ فیزیکی چنین اند، یعنی از تجربه و عدد و ریاضیات ساخته شده اند. اما همین حالا هم هستند کس‌ان ی که می‌گویند همه چیز عدد نیست، و وقت ی از تجربه حرف می‌زنند منظور ِشان آن تجربه ای نیست که در فیزیک

اعتبار دارد (که مستقل از شخص و زمان و مکان است). می‌شود دو دسته مقوله را از هم جدا کرد. یک دسته آن‌ها یی اند که درستی یا نادرستی یِشان (مستقل از شخص) معنی دارد و دسته یِ دیگر آن‌ها یی که چنین نیستند. مثلاً این که یک اثر ِ هنری یِ خاص خوب است یا بد، در دسته یِ دوم می‌گنجد. گزاره یِ زیر را در نظر بگیرید.

تنهاراه ِ بیان و اثبات (یا نقض) ِ ادعاها یی که درستی یا نادرستی یِشان مستقل از شخص است، عدد و ریاضیات و تجربه است.

اسم ِ این را اصل ِ صفرُم ِ فروکاست‌گرایی [a] می‌گذارم.

1 فروکاست‌گرایی و قانون‌ها یِ جهان‌شمول

فرض کنید اصل ِ صفر ِ فروکاست‌گرایی [a] را بپذیریم. در این صورت برا یِ توصیف ِ (پیش‌بینی یِ) پدیده‌ها مدل‌ها (قانون‌ها یی) لازم داریم. آیا قانون‌ها یی که به پدیده‌ها یِ مختلف مربوط اند بی‌ارتباط با هم اند؟ دلیل ِ منطقی یی نداریم که نتیجه بگیریم این قانون‌ها مستقل از هم اند یا از فقط از یک قانون (یا تعداد ِ کم ی قانون) ناشی می‌شوند. اما تجربه یِ باز دستِ‌کم از نیوتُن [o] به بَعد این است که مردم نوعاً دنبال ِ این بوده اند که به جا یِ تعداد ِ زیاد ی مدل ِ مستقل از هم تعداد ِ کم ی مدل (در به‌ترین حالت فقط یک مدل، نظریه یِ همه‌چیز) داشته باشند که همه یِ پدیده‌ها را بشود بر اساس ِ آن توجیه کرد. چند مثال:

a1 ادعا یِ نیوتُن [o] این بود که قانون‌ها یِ نیوتُن [o] در مکانیک بر همه یِ پدیده‌ها حاکم اند، یعنی جهان‌شمول اند. این بخش ی از یک نظریه یِ همه‌چیز است، اما نَه همه یِ آن. با این قانون‌ها بخش ِ مکانیک از فیزیک به یک معنی حل شده است. به این معنی که کافی است برهم‌کنش‌ها (نیروها) را بشناسیم. آن وقت معلوم است برا یِ پیش‌بینی چه معادله ای را باید حل کرد. البته یک نکته باقی می‌مانَد و آن این که ممکن است حل ِ این معادله ساده نباشد، یا جواب ِ حاصل همه اَش مفید نباشد. به این بر خواهم گشت. صرفِ‌نظر از این فقط می‌مانَد شناختن ِ برهم‌کنش‌ها، که کار ِ بقیه یِ فیزیک (جز مکانیک) است.

a2 نیوتُن [o] در زمینه یِ یافتن ِ برهم‌کنش‌ها (یِ جهان‌شمول) هم گام ِ مهم ی بر داشت. او برهم‌کنش ِ گرانشی یِ بین ِ دو جرم را معرفی کرد و ادعا کرد شکل ِ این برهم‌کنش بین ِ زمین و ماه همان شکل ی است که بین ِ زمین و یک جسم ِ افتان در نزدیکی یِ آن دیده می‌شود. ظاهراً حرکت ِ ماه اصلاً شبیه ِ حرکت ِ سقوط ِ آزاد ِ یک سیب نیست، اما نیوتُن [o] نشان داد هردو یِ این حرکت‌ها از قانون‌ها یِ جهان‌شمول ِ مکانیک ِ نیوتنی هم‌راه با برهم‌کنش ِ جهان‌شمول ِ گرانش به دست می‌آیند. به دنبال ِ این کار، با استفاده از این قانون‌ها توانستند حرکت ِ جرم‌ها یِ منظومه یِ شمسی را پیش‌بینی کنند و اطمینان به نتایج ِ این پیش‌بینی چنان بود که وقت ی به نظر رسید حرکت ِ اورانوس با آن چه از پیش‌بینی یِ مکانیک ِ نیوتنی نتیجه می‌شود نمی‌خوانَد، علت را نَه در نادرستی یِ مکانیک ِ نیوتنی، بل که در این دیدند که یک جسم ِ دیگر هست که تا کنون دیده نشده و اثر ِ گرانشی یِ آن بر اورانوس باعث ِ این نابهنجاری یِ ظاهری شده. لُ وُریه [p] و اَدَمز [q]، با همان مکانیک ِ نیوتنی جا و جرم ِ این جسم (سیاره یِ نپتون) را پیش‌بینی کردند و این جرم را با همان مشخصات ِ پیش‌بینی‌شده یافتند.

a3 پدیده‌ها یِ الکتریکی از مدت‌ها پیش شناخته شده اند. این که بعض ی پارچه‌ها در اثر ِ مالش جسم‌ها یِ سبک را می‌ربایند، و اگر آن‌ها را به بعض ی چیزها نزدیک کنیم بین‌ِشان جرقه دیده می‌شود، پدیده یِ ناآشنا یی نیست. اما رعدوبرق و صاعقه هم جرقه اند. آیا این پدیده‌ها یِ عظیم به آن پدیده‌ها یِ کوچک مربوط اند؟ فْرانکلین [r] آزمایش ی پیش نهاد که با انجام ِ آن معلوم شد بله.

a4 الکتریسیته و مغناطیس تا مدت‌ها پدیده‌ها یی مستقل از هم تلقی می‌شدند. تصور می‌شد نیرو یِ الکتریکی را بار ِ الکتریکی و نیرو یِ مغناطیسی را بار ِ مغناطیسی می‌سازد. با آزمایش‌ها یِ اُرستِد [s] معلوم شد جریان ِ الکتریکی آثار ِ مغناطیسی دارد و به دنبال ِ آن سرانجام مدل ِ واحد ِ الکترومغناطیس جا یِ مدل‌ها یِ مستقل ِ الکتریسیته و مغناطیس را گرفت. از نتایج ِ این یکی‌شدن کشف ِ این بود که موج ِ الکترومغناطیسی هست، و نور نوع ی موج ِ الکترومغناطیسی است. به این ترتیب اپتیک هم بخش ی از الکترومغناطیس شد، ضمن ِ این که ساختن ِ موج ِ الکترومغناطیسی مثلاً ارتباط ِ بی‌سیم را ممکن کرد.

a5 شیمی علم ی مستقل از فیزیک تلقی می‌شد، اما به‌تدریج روش‌ها یی که در فیزیک (به معنی یِ خاص) [1] به کار می‌رفت وارد ِ شیمی شد. لَووَزیه [t] پایستگی یِ جرم را بیان کرد، با کارها یِ دالتُن [u]، آوُگادرُ [v]، و کانیتسارُ [w]، مدل ِ اتمی یِ مدرن پایه‌ریزی شد و سرانجام با کشف ِ الکترون و هسته (کارها یِ تامسِن [x] و رادِرفُرد [y]) مسئله یِ شیمی علی‌الاصول به الکترومغناطیس فرو کاسته شد، هر چند معلوم شد الکترومغناطیس ِ کلاسیک کافی نیست؛ الکترومغناطیس ِ کوانتمی است که بر اتم‌ها حاکم است. با کشف ِ ذره‌ها یِ سازنده یِ هسته (پرتون و نوترون) معلوم شد سازه‌ها یِ همه یِ عنصرها (حدوداً 100 تا) فقط سه نوع ذره اند، الکترون، پرتون، و نوترون.

a6 شیمی یِ آلی متفاوت از شیمی یِ معدنی تصور می‌شد، در این حد که تصور می‌شد برا یِ ساختن ِ مواد ِ آلی چیز ی به اسم ِ نیرو یِ زیستی [z] لازم است. وُلِر [aa] توانست در آزمایش‌گاه اوره (یک ماده یِ آلی) را از آمونیم ایزوسیانات (یک ماده یِ معدنی) بسازد و در نتیجه این زیستارگرایی [ab] کنار گذاشته شد. حالا کار به این‌جا رسیده که پروتئین ی مثل ِ انسولین را هم می‌شود در آزمایش‌گاه ساخت.

a7 مسئله یِ این که سازه‌ها یِ ماده و برهم‌کنش‌ها یِ بنیادی چه اند، با گرانش و الکترومغناطیس و الکترون و پرتون و نوترون تمام نشد. برهم‌کنش‌ها یِ هسته‌ای کشف شدند و کوارک‌ها یی که سازنده یِ پرتون و نوترون اند. با ورود ِ میدان‌ها یِ کوانتمی تمایز ِ میان ِ ذره‌ها و برهم‌کنش‌ها هم از بین رفت. از این برهم‌کنش‌ها، برهم‌کنش‌ها یِ الکترومغناطیسی و برهم‌کنش‌ها یِ هسته‌ای یِ ضعیف در قالب ِ برهم‌کنش‌ها یِ الکتروضعیف یکی شدند (همان کار ی که جایزه یِ نُبِل [d] برا یِ وَین‌برگ [c]، گُلَشاوُ [g]، و عبدالسلام [h] را آورد). از نتایج ِ این وحدت‌بخشی پیش‌بینی یِ وجود ِ نوع ی برهم‌کنش ِ ضعیف به اسم ِ جریان ِ خنثا بود. این برهم‌کنش بعداً کشف شد.

a8 ترمودینامیک در قرن ِ نوزده و تا حد ِ زیاد ی مستقل از بقیه یِ فیزیک (با کمیت‌ها و قانون‌ها یِ خاص ِ خود َ ش) پیش رفت. با کارها یِ مَکسوِل [ac]، گیبس [ad]، و بُلتس‌مان [ae] مکانیک ِ آماری ظهور کرد که قانون‌ها یِ ترمودینامیک را از همان مکانیک ِ ذرات استنتاج می‌کرد. طبق ِ معمول، از این یکی‌کردن نتایج ی هم به

دست آمد. قضیه ی افت‌وخیز ـ پاسخ (یا افت‌وخیز ـ تلف) [af] یک ی از این نتایج است.

a9 اَین‌شْتَین [ag] کوشید گرانش و نسبیت را یکی کند، و نسبیت ِ عام ظاهر شد.

این‌ها همه مثال‌ها ی موفق ِ فروکاستن ِ پدیده‌ها ی ظاهراًبی‌ربط‌به‌هم به تعداد ِ کم ی قانون ِ جهان‌شمول است، که ضمناً در همه ی آن‌ها جز کاهش ِ تعداد ِ قانون‌ها جایزه‌ها یی هم به دست آمده، که پیش‌بینی‌ها ی جدید در مدل‌ها ی فروکاسته است. اما همه ی تلاش‌ها یی که برا ی کاهش ِ تعداد ِ مدل‌ها یا سازه‌ها انجام شده موفق نبوده. چند مثال از موردها ی ناموفق:

b1 تالِس [ah] معتقد بود منشئ ِ جهان آب است. این نظر، به معنی ی ام‌روزی بی‌معنی است (یعنی حتا نادرست هم نیست)، چون معلوم نیست چه طور می‌شود نقض َش کرد و در واقع پیش‌بینی یی ندارد. اگر هم بخواهیم این طور تعبیر کنیم که آب سازه ای است که همه ی مواد از آن ساخته شده اند، این ادعا نادرست است.

b2 اتم‌گرایان ِ قدیم (از جمله دِمُکریتوس [ai]) می‌گفتند مواد از اتم ساخته شده اند. اما این ادعا هم همان مشکل ِ ابطال‌ناپذیری ی ادعا ی تالِس را داشت. مدل ِ اتمی یی که ام‌روز به کار می‌رود، بر خلاف ِ مدل ِ اتمی ی قدیمی پیش‌بینی دارد.

b3 ویلیام تامسِن (کِلوین) [aj] کوشید الکترومغناطیس را به یک مدل ِ مکانیکی فرو کاهَد، و نتوانست. ام‌روز تصور ِ رایج کاملاً بر عکس است: پدیده‌ها ی مکانیکی ی روزمره (اصطکاک، تنش‌ها و کرنش‌ها ی ماده، و ...) جز گرانش را علی‌الاصول با برهم‌کنش‌ها ی الکترومغناطیسی توصیف می‌کنند.

b4 اَین‌شْتَین [ag] کوشید الکترومغناطیس و گرانش را یکی کند، و نتوانست.

b5 پس از یک‌پارچه‌کردن ِ الکترومغناطیس و برهم‌کنش‌ها ی هسته‌ای ی ضعیف، بسیار کوشیده اند برهم‌کنش ِ هسته‌ای ی قوی را هم با این دوبرهم‌کنش یک‌پارچه کنند، در چیز ی که به آن مدل ِ وحدت ِبزرگ می‌گویند. این کوشش‌ها موفق نبوده. از آن ناموفق‌تر کوشش برا ی واردکردن ِ گرانش به این مجموعه بوده، که هنوز مسئله ی کوانتمی‌کردن َش هم حل نشده.

با این همه، تجربه‌ها یِ فروکاستن ِ پدیده‌ها یِ گوناگون به تعداد ِ کم ی قانون ِ جهان‌شمول موفقیت‌ها یِ زیاد ی داشته، هم از این نظر که این فروکاهش‌ها شدنی بوده اند و هم از این نظر که این فروکاهش‌ها پی‌آمدها یِ مفید ی داشته اند، به این معنی که به دنبال ِ هر فروکاهش ی پیش‌بینی‌ها یِ جدید ی ممکن شده. این‌ها ثابت نمی‌کنند که این روش موفق خواهد بود، اما برا یِ این کافی بوده اند که بعض ی‌ها گزاره یِ زیر را بپذیرند.

> همه یِ پدیده‌ها یی که مستقل از شخص قابلِ‌بیان اند را می‌شود بر اساس ِ تعداد ِ کم ی قانون ِ جهان‌شمول (در به‌ترین حالت بر حسب ِ فقط یک مدل، نظریه یِ همه‌چیز) توصیف (پیش‌بینی) کرد.

اسم ِ این را اصل ِ اول ِ فروکاست‌گرایی [a] می‌گذارم.

2 فروکاست‌گرایی و پدیده‌شناخت

این که همه یِ پدیده‌ها را بشود بر حسب ِ تعداد ِ کم ی قانون ِ جهان‌شمول توصیف کرد، شاید خوب باشد اما همیشه راه ِ عملی یی برا یِ حل ِ مسئله نمی‌دهد. حرکت ِ یک توده یِ ماکروسکپی را در نظر بگیرید. این توده از مرتبه یِ 10^{24} ذره دارد که با هم برهم‌کنش ِ الکترومغناطیسی دارند. ظاهراً برهم‌کنش ِ الکترومغناطیسی را در سطح ِ بنیادی می‌شناسیم. اما این برا یِ آن که واقعاً بشود جا یِ تک‌تک ِ این ذره‌ها را تعیین کرد کافی نیست، دستِ‌کم فعلاً کامپیوتر ی نداریم که آن‌قدر قوی باشد که از پس ِ این کار بر آید. برهم‌کنش‌ها یِ هسته‌ای را که وارد کنیم (یعنی از مقیاس ِ ملکول و اتم به مقیاس ِ سازه‌ها یِ اتم و هسته برویم) وضع از این هم بدتر می‌شود. تازه فرض کنید این محاسبات انجام شد. آیا نتیجه یِ این محاسبات مفید است؟ در بررسی یِ حرکت ِ یک توپ ِ فوت‌بال، هدف مثلاً این است که ببینیم توپ از خط ِ دروازه می‌گذرد یا نَه. این که تک‌تک ِ ذره‌ها کجا یند مهم نیست. یک راه این است که به جا یِ توپ یک نقطه یِ مادی (مرکزِجرم ِ توپ) را به کار ببریم. در این حالت وضعیت ِ سیستم با سه مختصه توصیف می‌شود. با این مدل می‌شود چیزها یی از حرکت ِ توپ را به‌درستی توصیف کرد، از جمله سقوط ِ توپ در میدان ِ گرانش ِ زمین را. اما حرکت ِ تاب‌دار ِ توپ را نمی‌شود با این مدل توضیح داد. اگر به جا یِ نقطه یِ مادی یک جسم ِ صلب به کار ببریم وضع به‌تر

می‌شود. در این حالت سیستم با یک حرکت ِ انتقالی (حرکت ِ مرکزِجرم) و یک چرخش توصیف می‌شود، با جمعاً شش مختصه. با واردکردن ِ ترمودینامیک و کشسانی یِ توپ باز هم پیش‌بینی‌ها دقیق‌تر می‌شوند، البته به این قیمت که محاسبه سخت‌تر می‌شود.

یک مثال ِ دیگر حرکت ِ جسم‌ها یِ منظومه یِ شمسی است. در مسئله یِ حرکت ِ سیاره‌ها، در گام ِ اول سیاره‌ها و خورشید را نقطه یِ مادی، و خورشید را ساکن می‌گیرند، فقط برهم‌کنش ِ گرانشی را در نظر می‌گیرند، و از برهم‌کنش ِ گرانشی یِ سیاره‌ها با هم چشم می‌پوشند. به این ترتیب قانون‌ها یِ کِپلِر [al] نتیجه می‌شود، که حرکت ِ سیاره‌ها را به تقریب توصیف می‌کند. این تقریب شاید برا یِ تجربه‌ها یِ قرن ِ 17 خوب باشد، اما برا یِ مشاهده‌ها یِ قرن ِ 19 کافی نیست. برا یِ نتایج ِ به‌تر می‌شود اثر ِ سیاره‌ها بر هم را وارد کرد، و این را در نظر گرفت که خورشید ساکن نیست. از حل ِ معادله‌ها یِ متناظر نتایج ِ دقیق‌تر ی به دست می‌آید، اما به این قیمت که حل ِ این معادله‌ها بسیار سخت‌تر از حل ِ معادله‌ها یِ اول است. همه یِ این‌ها را هم که به حساب آوریم باز ناسازگاری یی بین ِ تجربه و محاسبه یِ حاصل از مکانیک ِ نیوتنی می‌مانَد، که با نسبیت ِ عام رفع می‌شود.

اگر بخواهیم پدیده ای مثل ِ پیش‌روی یِ اعتدالین در زمین را توصیف کنیم، باید نقطه‌ای‌بودن ِ زمین را کنار بگذاریم. در این مورد تقریب‌کردن ِ زمین با یک جسم ِ صلب که با جرم و تانسور ِ لختی یِ دورانی یَش مشخص می‌شود نتیجه یِ خوب ی می‌دهد. در مورد ِ کشندها وضع از این هم پیچیده‌تر است: اگر زمین را با یک کره تقریب کنیم طرح ِ کلی یِ جذرومد (این که در جهت ِ نزدیک به ماه و در جهت ِ دور از آن مد داریم و در جهت‌ها یِ عمود بر این راستا جذر) به‌درستی نتیجه می‌شود، اما این که کشندها در بعض ی رودها بسیار بیش‌تر است تا در اقیانوس نَه. برا یِ توصیف ِ دقیق‌تر جزئیات ِ ویژه‌گی‌ها یِ سطحی یِ زمین لازم است.

برا یِ حرکت ِ یک ماه‌واره دور ِ زمین، اگر زمین و ماه‌واره را نقطه‌ای بگیریم و از اثر ِ بقیه یِ جسم‌ها چشم بپوشیم، مثلاً معلوم می‌شود ماه‌واره ای که در مدار ی استوایی به شعاع ِ 42 000 km دور ِ زمین می‌چرخد، نسبت به زمین ثابت می‌ماند. اما اگر نقطه‌ای‌نبودن (یا کروی‌متقارن‌نبودن) ِ زمین را در نظر بگیریم و جسم‌ها یِ دیگر را هم به حساب آوریم، تصحیح ی به نتیجه یِ قبلی به دست می‌آید، که بر اساس ِ آن این ماه‌واره‌ها یِ زمین‌ثابت نسبت به زمین واقعاً ثابت نمی‌مانند بل که به‌کندی جابه‌جا می‌شوند. باز این‌ها بر اساس ِ مکانیک ِ نیوتنی است. برا یِ توصیف ِ دقیق‌تر باید

نسبیت ِ عام را هم در نظر بگیریم. سیستم ِ مکان‌یابی یِ سراسری (جی‌پی‌اِس) [am] بر اساس ِ ماه‌واره‌ها یی کار می‌کند که زمین‌ثابت نیستند. در این سیستم مکان‌یابی به این ترتیب انجام می‌شود که زمان ِ حرکت ِ سیگنال‌ها یِ رادیویی از این ماه‌واره‌ها به نقطه یِ موردِنظر را می‌سنجند. تعیین ِ موقعیت وابسته به این است که مکان ِ ماه‌واره‌ها با دقت ِ بسیار زیاد معلوم باشد. این‌جا هم برا یِ رسیدن به دقت ِ موردِنظر باید نسبیت ِ عام را در نظر گرفت.

روش ِ نگرش به همه یِ این مسئله‌ها این است که از تعداد ِ بسیارزیاد ی پارامتر که سیستم را مشخص می‌کنند تعداد ِ کم ی پارامتر ِ مئثر انتخاب می‌شود و به جا یِ معادله‌ها یِ اولیه (معادله‌ها یِ حاصل از قانون‌ها یِ جهان‌شمول) معادله‌ها یی پدیده‌شناختی به کار می‌رود که حل ِشان ساده‌تر است. هر چه تقریب ِ به‌تر ی لازم باشد، تعداد ِ پارامترها یِ درگیر را بیش‌تر می‌کنند و معادله‌ها یِ پیچیده‌تر ی به کار می‌برند که به معادله‌ها یِ اولیه نزدیک‌تر اند:

> برا یِ حل ِ هر مسئله، از پارامترها یِ درگیر تعداد ی پارامتر ِ مئثر انتخاب می‌شود و در صورت ِ لزوم به جا یِ معادله‌ها یِ اولیه معادله‌ها یی ساده‌تر (پدیده‌شناختی) به کار می‌رود. سیستم را تا آن‌جا که می‌شود (که نتایج در حد ِ دقت ِ موردِنظر درست باشند) ساده می‌کنند.

اسم ِ این را اصل ِ دوم ِ فروکاست‌گرایی [a] می‌گذارم.

نیوتُن [o] به هرسه‌معنی فروکاست‌گرا بود: در ادعاها یَش تجربه و ریاضیات را به کار می‌بُرد، ادعا می‌کرد همان گرانش ی که افتادن ِ یک سیب بر زمین را تعیین می‌کند حرکت ِ ماه دور ِ زمین را هم تعیین می‌کند، و برا یِ بررسی یِ حرکت ِ یک سیاره در منظومه یِ شمسی مدل ِ ساده‌شده ای به کار برد که در آن اثر ِ سیاره‌ها یِ دیگر را کنار می‌گذاشت و خورشید و آن سیاره را نقطه‌ای می‌گرفت.

3 چرا فروکاست‌گرایی؟

کس‌ان ی هستند (و فکر می‌کنم کم هم نیستند) که فروکاست‌گرایی [a] را نمی‌پذیرند، یا می‌گویند نمی‌پذیرند. این نپذیرفتن ممکن است نپذیرفتن ِ هر یک از سه معنی یِ (یا

اصل ـ) فروکاست‌گرایی [a] باشد.

3.0 اصل ـ صفرُم

بعض ی‌ها به اصل ـ صفرُم عددزده‌گی می‌گویند. می‌گویند همه‌چیز را نمی‌شود با عدد سنجید، همه‌چیز صفر و یک نیست (یا همه‌چیز سیاه و سفید نیست بل که خاکستری است).

اما ادعا یِ اصل ـ صفرُم این نیست که همه چیز عدد است؛ این است که ادعاها یی که درستی یا نادرستی یِشان مستقل از شخص است بدون ـ عدد معنی ندارند. قطعه یِ موسیقی یِ A را در نظر بگیرید. این که A خوب است، ادعا یی مستقل از شخص نیست: ممکن است یک ی A را دوست داشته باشد و یک ی نَه. و این دونفر نمی‌توانند نظر ـِشان را به هم ثابت کنند. اما این که مثلاً طیف ـ بس‌آمد یا شدت ـ A چیست بر اساس ـ عدد قابلِ‌بیان است و همه درباره اَش توافق دارند. البته ممکن است زمان ی مدل ی (عددی) برا یِ این بار آید که قطعه‌ها یی که مردم (یا بعض ی از مردم) به آن‌ها خوب می‌گویند طیف ـ شدت یا بس‌آمد ـِشان چه ویژه‌گی یی دارد. همین حالا هم مدل‌ها یِ خام ی از این گونه هست، مثلاً این که اگر بس‌آمدها یِ موجود نزدیک ـ مضرب‌ها یِ صحیح ی (با عددها یِ کوچک) از یک بس‌آمد ـ پایه نباشند، قطعه به نظر ـ مردم گوش‌نواز نمی‌آید.

جا یی که خیل ی‌ها به اصل ـ صفرُم ایراد می‌گیرند در تصمیم‌گیری‌ها است. می‌گویند به این شکل تصمیم‌گیری‌ها مکانیکی می‌شود و کار ـ تصمیم‌گیری را یک آدم ـ غیرِمتخصص هم می‌تواند انجام دهد. مثلاً در ارزیابی یِ گروه‌ها یِ مختلف و مقایسه یِ آن‌ها می‌گویند اگر این کار با عدد و یک مدل ـ ازپیش‌تعیین‌شده شدنی بود، یک منشی یِ غیرِمتخصص هم می‌توانست این کار را بکند. نکته این‌جا است که هر تصمیم‌گیری یی واقعاً انتخاب بین ـ صفر و یک است. این که فلان کار انجام شود، یا نشود. هر مقایسه ای بین ـ چند چیز در واقع مرتب‌کردن ـ آن چند چیز است. وقت ی چند چیز را مرتب می‌کنیم، داریم به آن‌ها عدد نسبت می‌دهیم حتا اگر متوجه نباشیم. ساده‌ترین راه برا یِ عددنسبت‌دادن این است که عدد ـ متناظر با یک چیز را رتبه یِ آن چیز بگیریم. وقت ی در مقایسه چند پارامتر مهم می‌شود، ممکن است این ترتیب ـ ساده برا یِ تک‌تک ـ پارامترها کارا نباشد. مثلاً در یک مدل ـ ساده برا یِ تعیین ـ چاقی و لاغری یِ آدم‌ها جرم و قد ـِشان مهم است. بین ـ آدم‌ها یی با قد ـ یک‌سان، هر چه جرم بیش‌تر باشد شخص چاق‌تر است.

بین ِ آدم‌ها یِ با جرم ِ یک‌سان، هر چه قد بیش‌تر باشد شخص لاغرتر است. حالا فرض کنید یک گروه آدم اند که هم بر حسب ِ قد و هم بر حسب ِ جرم مرتب شده اند (با همان ترتیب ِ ساده یِ رتبه). آیا با این اطلاعات می‌شود آن‌ها را بر حسب ِ چاقی هم مرتب کرد؟ نَه. باید پارامتر ِ چاقی را بر حسب ِ پارامترها یِ قد و جرم تعریف کنیم و خود ِ قد و جرم را هم در مورد ِ این آدم‌ها بدانیم تا بشود آن‌ها را بر حسب ِ چاقی مرتب کرد. ممکن است اگر بین ِ دو آدم مثلاً اختلاف ِ قد زیاد و اختلاف ِ جرم کم باشد، آن‌ها را مثل ِ دو آدم ِ هم‌جرم به حساب آوریم و ترتیب ِ چاقی پِشان را با ترتیب ِ قد ِشان تعیین کنیم. اما اگر چنین (یا بر عکس) نباشد، راه ی جز تعریف ِ پارامتر ِ چاقی بر حسب ِ قد و جرم و سنجش ِ قد و جرم نمی‌مانَد. حتا اگر کس ی تعداد ی آدم را بر حسب ِ چاقی مرتب کند، با استفاده از ترتیب ِ او می‌شود تابع ِ چاقی را تعیین کرد. کافی است هر آدم را با یک نقطه در صفحه یِ جرم ـ قد مشخص کنیم. نقطه‌ها یی که چاقی یِ یک‌سان ی دارند خم‌ها یی را مشخص می‌کنند که خم‌ها یِ تراز ِ تابع ِ چاقی اند. به این ترتیب تابع ِ چاقی (از نظر ِ آن مرتب‌کننده) تا حد ِ یک تابع ِ ترکیبی مشخص می‌شود. این یعنی ممکن است تابع ِ چاقی را f بگیریم یا F، اما رابطه یِ این دوتابع با هم این است که F برابر ِ $(g\,o\,f)$ است، که g یک تابع ِ یک‌نوا است. تا جا یی که به مرتب‌کردن مربوط می‌شود، این دوتابع فرق ی با هم ندارند. ممکن است به نظر برسد تعیین ِ این تابع ِ چاقی کمک ی نمی‌کند. اما اگر این تابع معین باشد هر کس ی می‌تواند آدم‌ها یِ یک گروه را بر حسب ِ چاقی پِشان مرتب کند، و نتیجه یِ حاصل هم مستقل از زمان است. یعنی مقایسه یِ آدم‌ها مستقل از شخص و زمان می‌شود. یک معیار از این نوع شاخص ِ جرم ـ بدن (بی‌اِم‌آی) [an] است، که برابر است با جرم بر حسب ِ کیلوگرم تقسیم بر مجذور ِ قد بر حسب ِ متر.

به این ترتیب، ما در تصمیم‌گیری‌ها و مقایسه‌ها واقعاً عدد به کار می‌بریم، اما شاید ناخودآگاه و به شکل ی غیرِقابلِ‌انتقال به دیگران. همین است که تصمیم‌گیری‌ها را شخص‌گرا می‌کند. حالا چرا با عدد مخالفت می‌شود؟ چیزها یی که به نظر ِ من می‌رسد یک ی این است که مخالف‌ان نمی‌دانند واقعاً دارند عدد به کار می‌برند (چه بخواهند و چه نخواهند)، و دیگر این که عددی‌کردن قدرت را از تصمیم‌گیرنده می‌گیرد. ممکن است شخص ِ تصمیم‌گیر بخواهد برا یِ کار ی از بین ِ یک گروه یک آدم ِ خاص را انتخاب کند، اما علت ِ انتخاب ِش شخصی باشد. این علت ِ شخصی (مثلاً خویش‌اوندی) را به‌ساده‌گی نمی‌شود وارد ِ تابع ی کرد که در دست‌رس ِ همه است. این گفته که همه

چیز عدد نیست راه ی برا یِ فرار از نتیجه ای است که مطلوب ِ آدم نیست و علت ِ مطلوب‌نبودن َ ش را نمی‌شود علنی کرد. این که هزینه یِ عملیات ِ نظامی یِ ایالات ِ متحد در افغان‌ستان و عراق از مرتبه یِ هزار میلیارد دلار باشد [11] و در همان حال چند میلیون دلار هزینه یِ انجام ِ یک آزمون در ایالات ِ متحد برا یِ مقایسه یِ سطح ِ دانش‌آموزان ِ این کشور با کشورها یِ دیگر زیاد ارزیابی شود [12]، بعید است نتیجه یِ مدل ِ عددی یی باشد که بشود آن را علنی کرد. ساده‌تر این است که گفته شود این قبیل چیزها ظرافت‌ها یی دارند که عددبردار نیستند.

استفاده از عدد و سنجش، مرتباً در زمینه‌ها یِ بیش‌تر ی رایج می‌شود. یک مثال ورزش است. آن‌ها یی که مسابقه‌ها یِ فوت‌بال را دنبال می‌کنند شاید توجه کرده باشند که اداره‌کردن ِ این مسابقه‌ها، و نیز داده‌ها یِ مربوط به آن‌ها، نسبت به مثلاً ده سال پیش خیل ی کمی‌تر شده. این که برا یِ یک ضربه یِ آزاد داور فاصله یِ مدافع‌ها از جا یِ توپ را با قدم تعیین کند و نَه با چشم، کاملاً عادی شده. این که برا یِ یک مسابقه کسر ی از زمان که توپ در اختیار ِ یک تیم است، مسافت ی که بازی‌کن‌ها می‌دوند، تعداد ِ پاس‌ها یِ موفق و ناموفق، سرعت ِ توپ در یک شوت، و مانند ِ آن ذکر شود کاملاً عادی است. و مثلاً وقت ی معلوم شود مسافت ی که بازی‌کن‌ها می‌دوند، در یک مسابقه در اروپا خیل ی بیش از چیز ی است که در آسیا دیده می‌شود، کس ی از این شگفت‌زده نمی‌شود که در مسابقه ای که یک طرف َ ش یک تیم ِ نوعی یِ اروپایی و یک طرف َ ش یک تیم ِ نوعی یِ آسیایی است انتظار می‌رود طرف ِ اروپایی برنده شود.

یک نتیجه یِ اصل ِ صفرُم ِ فروکاست‌گرایی [a] ساده‌کردن و دست‌رس‌پذیربودن ِ مدل‌ها است، و آن‌ها یی که قدرت ِ زیاد ی دارند از این خوشش ِشان نمی‌آید و بیش‌تر طرف‌دار ِ پیچیده‌کردن اند تا همه چیز در دست‌رس ِ همه نباشد. تلاش برا یِ حفظ ِ هُزاورِش (واژه‌ها یی که نگارش ِشان با تلفظ ِشان فرق دارد) هم شاید از همین مقوله باشد.

3.1 اصل ِ اول

از ایرادها یی که بر اصل ِ اول می‌گیرند، این است که از کجا معلوم این اصل درست باشد. چنان که از واژه یِ اصل بر می‌آید، اصل ِ اول (و بقیه یِ اصل‌ها) را نمی‌شود ثابت کرد.

چیز ی که هست، گستره یِ اعتبار ِ این اصل (در نظر ِ دانش‌پیشه‌ها یِ حرفه‌ای) مرتباً بیش‌تر شده. حالا بعید است زیست‌شناس ِ جدی یی باشد که در این که قانون‌ها یِ حاکم بر بدن ِ موجودات ِ زنده همان الکترومغناطیس و مانند ِ آن اند شک کند. این را با وضع ِ ابتدا یِ قرن ِ 19 مقایسه کنیم که تصور می‌شد برا یِ ساختن ِ مواد ِ آلی به اصطلاح نیرو یِ حیاتی [z] لازم است. البته این تجربه که گستره یِ اعتبار ِ این اصل مرتباً بیش‌تر شده و برگشت‌گاه ی هم در کار نبوده (یعنی موضع ی نبوده که این اصل آن را تسخیر کرده باشد و بعد پس بدهد) ثابت نمی‌کند این اصل درست است. اما این تجربه نشان می‌دهد پذیرش ِ این اصل موفق بوده. از جمله این که جست‌وجو یِ قانون‌ها یِ جهان‌شمول جایزه (پیش‌بینی‌ها یِ جدید) داشته است. به نظر می‌رسد فعلاً مرز ِ گستره یِ اعتبار ِ قطعی یِ این اصل مرز ِ زیست‌شناسی و انسان‌شناسی (روان‌شناسی، جامعه‌شناسی، ...) است. البته فیزیک‌پیشه‌ها یِ جدی هم می‌دانند که دستِ‌کم فعلاً مثلاً پیش‌بینی یِ رفتار ِ یک ببر بر اساس ِ برهم‌کنش‌ها یِ الکترومغناطیسی یِ ذره‌ها یِ سازنده یِ آن و محیط َش عملی نیست.

این‌جا است که به اشکال ِ دیگر ی می‌رسیم که بر این اصل می‌گیرند: این اصل شاید درست باشد، اما غیرِعملی است؛ در سیستم‌ها یِ پیچیده قدرت ِ پیش‌بینی نمی‌دهد. به نظر َم این اشکال هم به این اصل وارد نیست. ادعا یِ اصل ِ اول این است که همه یِ مسئله‌ها علی‌الاصول به تعداد ِ کم ی قانون ِ جهان‌شمول فروکاسته می‌شوند، نَه این که فعلاً همه یِ مسئله‌ها یِ عملی را می‌شود (یا خوب است) با استفاده یِ مستقیم از آن قانون‌ها حل کرد.

فکر می‌کنم بعض ی از آن‌ها یی که به طرف‌داری یا مخالفت با اصل ِ اول ِ فروکاست‌گرایی [a] با هم بحث می‌کنند، گاه ی بحث ِشان را که در واقع سر ِ چیز ِ دیگر ی است در قالب ِ فروکاست‌گرایی [a] بیان می‌کنند. بحث ِ اَندِرسِن [b] و وَین‌بِرگ [c] با هم مثال ی از این نوع است. مثلاً، در سیستم‌ها یِ پیچیده هم برهم‌کنش ی جز برهم‌کنش‌ها یِ بنیادی (در واقع در بیش‌تر ِ موارد فقط الکترومغناطیس) وارد نمی‌شود، هر چند پدیده‌ها یی مثل ِ گذارِفاز فقط در سیستم‌ها یی دیده می‌شود که تعداد ِ زیاد ی ذره دارند، ولی لازم نیست گذارِفاز را به شکل ِ یک قانون ِ اضافی وارد کنیم. اساساً کار ِ مکانیک ِ آماری همین است، که پدیده‌ها یِ جدید ِ مربوط به سیستم‌ها یِ بس‌ذره‌ای را از قانون‌ها یِ بنیادی یی که بر همه یِ سیستم‌ها حاکم اند استنتاج کند. پذیرش ِ این برا یَم

دشوار است که فیزیک‌پیشه یِ برجسته ای مثل ِ اَندِرسِن [b] این را نداند. و پذیرش ِ این هم برا یَم دشوار است که فیزیک‌پیشه یِ برجسته ای مثل ِ وَین‌بِرگ [c] نداند مکانیک ِ آماری (هر چند روش باشد نَه قانون ِ بنیادی) برا یِ استنتاج ِ پدیده‌ها یِ بس‌ذره‌ای لازم است. حتا پذیرش ِ این هم برا یَم دشوار است که اَندِرسِن [b] و وَین‌بِرگ [c] ندانند که آن دیگری هم چیز ی را که این‌یکی می‌گوید می‌فهمد. پس بحث سر ِ چیست؟ چرا یک ی می‌کوشد اهمیت ِ آموختن (یا کشف) ِ قانون‌ها یِ بنیادی را کم کند به این بهانه که سیستم‌ها یِ بس‌ذره‌ای متفاوت اند، و دیگری می‌کوشد اهمیت ِ آموختن (یا کشف) ِ قانون‌ها یِ بنیادی را زیاد کند به این بهانه که جز این‌ها چیز ی بر پدیده‌ها حاکم نیست؟ نظر ِ من (که شاید بدبینانه بنماید) این است که بحث ِ واقعی این نیست. این دونفر نماینده یِ دو زمینه یِ پژوهشی اند. هر یک می‌کوشد تئمین‌کننده‌ها را به پژوهش ِ موردِعلاقه اَش جلب کند، و چون منابع ِ بالقوه بی‌پایان نیستند، جذب ِ بودجه یِ بیش‌تر برا یِ یک زمینه به معنی کاهش ِ بودجه در یک زمینه یِ دیگر است. این دوفیزیک‌پیشه یِ برجسته هم (مثل ِ خیل ی آدم‌ها یِ دیگر) استدلال‌ها یی می‌تراشند که امکانات را به زمینه یِ موردِنظر ِشان برانند، و البته چون دنبال ِ این اند که به نتیجه یِ مطلوب ِشان برسند استدلال ِ عددی (اصل ِ صفرُم) را کنار می‌گذارند (بر خلاف ِ آن چه در کار ِشان به عنوان ِ فیزیک‌پیشه انجام می‌دهند) و به همین خاطر نتایج ِ متفاوت ی به دست می‌آورند. البته شاید اگر هزینه یِ 1000 میلیارددلاری یِ جنگ در عراق و افغان‌ستان را با هزینه یِ چندمیلیارددلاری یِ اِس‌اِس‌سی [i] مقایسه می‌کردند، به این نتیجه می‌رسیدند که دعوا یِ اصلی بین ِ اَندِرسِن [b] و وَین‌بِرگ [c] نیست بل که بین ِ این دونفر (در یک طرف) و یک گروه ِ دیگر است.

یک انگیزه یِ دیگر ِ مخالفت با اصل ِ اول، باز انگیزه یِ آدم‌ها یِ قدرت‌مند ی است که ترجیح می‌دهند با استدلال دیگران را قانع نکنند، شبیه ِ همان انگیزه ای که این آدم‌ها در مخالفت با اصل ِ صفرُم دارند. این که فلان مدل این‌جا کار نمی‌کند، ممکن است بهانه یِ خوب ی باشد برا یِ این که در تصمیم‌گیری اصولاً مدل و نیاز به قانع‌کردن ِ منطقی یِ مردم را کنار بگذاریم. در غیر ِ این صورت اگر مدل ی در یک حالت به نتیجه یِ A می‌انجامد و ادعا می‌شود که در حالت ِ موردِنظر ِ ما چنین‌نتیجه ای به دست نمی‌آید، باید توضیح داد کدام پارامترها یند که در آن دوحالت با هم فرق دارند. در فیزیک، این که مدل ِ گرانش در زمین کار می‌کند و در مثلاً برجیس نَه، و به همین خاطر

موشک ی که برا یِ فرار از گرانش ِ زمین طراحی شده در برجیس کار نمی‌کند پذیرفته نیست. عبارت ِ پذیرفته مثلاً این است که هر چند گرانش همه جا کار می‌کند، سرعت ِ فرار از برجیس بیش از سرعت ِ فرار از زمین است و موشک ی که بتواند به سرعت ِ فرار از زمین برسد، لزوماً به سرعت ِ فرار از برجیس نمی‌رسد، پس لزوماً نمی‌تواند از برجیس بگریزد. در اقتصاد هم این که انتشار ِ اسکناس بیش از تولید، به تورم می‌انجامد خاص ِ کشورها یِ صنعتی یا غیرِصنعتی، غربی یا شرقی، نیست. انتشار ِ بیش‌ازحد ِاسکناس همیشه و همه‌جا تورم‌زا است. اصطلاح ِ فنی یِ رایج بین ِ فیزیک‌پیشه‌ها این است که قانون‌ها مستقل از زمان و مکان اند. به همین خاطر اگر جا یی اتفاق ی رخ داد که با اتفاق یِ یک جا یا زمان ِ دیگر متفاوت بود، این گفته که این دوجا (یا زمان) با هم فرق دارند و نمی‌شود مدل ِ مربوط به یک ی را برا یِ دیگری به کار برد به خودی یِ خود پذیرفته نیست. باید معلوم شود اختلاف ِ پارامترها در این دوجا (یا زمان) چیست که به این نتایج ِ متفاوت انجامیده است.

3.2 اصل ِ دوم

یک ادعا هست که فیزیک‌پیشه‌ها مسائل را زیاد ی ساده می‌کنند تا بتوانند حل ِشان کنند. در حال ی که مسئله‌ها یِ واقعی به این ساده‌گی نیستند. فیزیک‌پیشه‌ها در هر مسئله بسیار ی از چیزها را کنار می‌گذارند، در حال ی که در زنده‌گی یِ واقعی باید همه یِ پارامترها را در نظر گرفت. فیزیک جزئی‌نگر است، در حال ی که برا یِ حل ِ خیل ی مسئله‌ها باید کلی‌نگر بود. رضا منصوری [k] از رواج‌دهنده‌ها یِ این نگرش است. او می‌گوید [13]:

> ما کمابیش با پیچیده‌گی یِ علم ِ فیزیک آشنا شده ایم، اما فراموش می‌کنیم بحث‌ها یِ جامعه‌شناسانه یِ علم هم، حتا گپ‌ها یِ روزمره در محیط ِ پژوهشی هم که معمولاً از این جنس است، از نوع ی قواعد ِ علمی تبعیت می‌کند که نشناختن یا دستِ‌کم‌گرفتن ِ آن تبعات ِ هول‌ناک ی ممکن است داشته باشد. بی‌جهت نیست علم ِ روان‌شناسی پیش‌رفت کرده و مشاوران درآمدها یِ کلان ی دارند. اگر به عنوان ِ فیزیک‌دان ی جدی و پویا به این جنبه‌ها یِ زنده‌گی و گفت‌وگوها یِ محیط ِ پژوهشی توجه نکنیم نباید

ادعا یی بیش از فیزیک‌دان‌بودن بکنیم، مثلاً نباید ادعا یِ مدیریت ِ پژوهش، در هر سطح ی، داشته باشیم؛ نباید رسالت ی در نوشته‌ها یِ خود ببینیم؛ نباید نقش ِ دانا در امور ِ پژوهشی را بازی کنیم. بپذیریم که در امور ی غیر از پژوهش ِ فیزیک ساده هستیم، ساده در دنیا یی بسیار پیچیده! ما در فیزیک فرا می‌گیریم که فروکاست‌گرا باشیم؛ اما دنیا، حتا دنیا یِ کوچک ِ پژوهش‌گاه، و درک ِ آن ظاهراً از قواعد ِ دیگر ی پی‌روی می‌کند. تَه‌تنها جامعه‌شناس‌ان، که زیست‌شناس‌ان هم، این روش ِ فروکاست‌گرایی یِ علم ِ فیزیک را نمی‌پذیرند، حالا هر چه هم وَین‌برگ فریاد بزند اشتباه می‌کنند!

من، فی نفسه، یاد گرفته ام و پذیرفته ام که در همه یِ امور ِ زنده‌گی یَم، به جز پژوهش در علم ِ فیزیک، کل‌نگر باشم و به تعبیر ی پادفروکاست‌گرا. به نظر َم می‌رسد از این طریق پیچیده‌گی‌ها یِ مدیریتی و اجرایی را به‌تر درک می‌کنم. تجربه یِ خود َم نشان داده است که از این طریق مسئله‌ها را به‌تر توانسته ام حل کنم. در هر صورت هر کس دل َش به حال ِ آینده یِ فیزیک، حتا در یک محیط ِ کوچک مانند ِ پژوهش‌گاه ِ دانش‌ها یِ بنیادی یا یک دانش‌گاه می‌سوزد، به‌تر است کم ی تئمل کند و به قیاس ِ پژوهش ِ فیزیک گاز ندهد، آهسته با تئمل براند. پژوهش‌گاه و پژوهش‌کده یِ فیزیک هفده سال طول کشیده است به این‌جا رسیده است، و قبل از آن حدود ِ 15 سال از ایده تا تئسیس ِ آن طول کشیده است.

این گونه است که ما یاد می‌گیریم علم، تفکر ِ علمی و مدرنیت، را وارد ِ زنده‌گی یِمان بکنیم. نباشد که یک جنبه یِ زنده‌گی یِ ما، پژوهش ِ فیزیک، رشد کند، اما جنبه‌ها یِ دیگر ِ فعالیت ِ انسانی یِ ما در نوباوه‌گی یِ تاریخی بماند. این طور ی بعید است بتوانیم جَو ِ علمی در محیط ی کوچک، چه رسد به محیط ِ کشور، ایجاد کنیم. تنها به گپ‌ها یِ خصوصی و قطبیدن ِ اطراف ِمان کمک می‌کنیم. بلوغ اول‌ین و اساسی‌ترین شرط ِ تئثیرگذاری است!

منصوری [k] می‌گوید روش ی که برا یِ حل ِ مسئله‌ها یِ فیزیک به کار می‌برد با روش ی که برا یِ حل ِ بقیه یِ مسئله‌ها به کار می‌برد فرق دارد. در مسئله‌ها یِ دسته یِ اول فروکاست‌گرا است و در مسئله‌ها یِ دسته یِ دوم پادفروکاست‌گرا. دستِ‌کم این‌جا،

منصوری [k] فروکاست‌گرایی [a] را به‌طورِ صریح به معنی یِ اصل ِ دوم (حذف ِ بعض ی پارامترها) به کار می‌برد. البته این که می‌گوید چیزها یی هستند که از قاعده‌ها یِ دیگر ی تبعیت می‌کنند را می‌شود اشاره به اصل ِ اول (نقد ِ آن) گرفت. من در این متن اشاره ای به اصل ِ صفرُم نمی‌بینم.

آن چه در نهایت می‌خواهم نشان دهم این است که با پذیرش ِ اصل ِ صفرُم، پذیرش ِ اصل ِ دوم اجتناب‌ناپذیر می‌شود. اساس ِ استدلال َم هم محدودیت ِ امکانات ِ محاسبه است. ما قرار است از یک سیستم نتیجه یِ عددی به دست آوریم. همه یِ ابزارها یِ محاسباتی یِمان محدود است. یعنی هر کار کنیم نمی‌شود تعداد ِ بی‌پایان ی پارامتر را در نظر گرفت، یا تعداد ِ بی‌پایان ی محاسبه انجام داد. پس روشن است که باید تعداد ی پارامتر را بر گزینیم. تا این‌جا راه ی غیر از آن چه در فیزیک به کار می‌رود نیست. ممکن است گفته شود در مسئله‌ها یِ مثلاً اجتماعی، درست است که نمی‌شود همه یِ پارامترها را در نظر گرفت، اما بر خلاف ِ فیزیک باید تا حد ِ امکان تعداد ِ بیش‌تر ی پارامتر را در نظر گرفت. اما این گفته اطلاعات ی ندارد. در فیزیک هم می‌دانند هر چه تعداد ِ بیش‌تر ی پارامتر را در نظر بگیرند نتیجه یِ دقیق‌تر ی به دست می‌آید. اما یک ضرب‌المثل هم هست که می‌گوید هر چه پول بدهی آش می‌خوری. افزایش ِ تعداد ِ پارامترها یی که در نظر می‌گیریم هزینه دارد، و باید حساب کرد این افزایش به هزینه اَش می‌ارزد یا نَه. گاه ی وضع از این هم بدتر است: ممکن است واردکردن ِ بعض ی پارامترها هزینه اَش از کل ِ سرمایه یِ موجود بیش‌تر باشد. یک مثال از این نوع پیش‌بینی یِ وضع ِ هوا است. معادله‌ها یِ حاکم بر وضع ِ هوا مدت‌ها است شناخته شده اند و شکل ِ ظاهری یِشان هم پیچیده نمی‌نماید. اما حل ِ این معادله‌ها ابزار ِ محاسباتی یی می‌خواهد که تا یکی‌دودهه پیش در دست‌رس نبود. نتیجه این شد که این معادلات را ساده کردند تا بتوانند حل ِشان کنند. پیش‌بینی‌ها یی که بر اساس ِ این معادلات ِ ساده‌شده انجام می‌شد دقیق نبود، به ویژه در درازمدت. علت هم همان ی است که انتظار می‌رود: مدل زیادی ساده شده بود. اما همان مدل ِ زیادی‌ساده‌شده به‌تر از هیچ بود. حالا که کامپیوترها یِ قوی‌تر ی داریم لزوم ی ندارد مدل را تا آن حد ساده کنیم، و نتیجه پیش‌بینی‌ها یِ دقیق‌تر است. این که هواشناس‌ها یِ چند دهه پیش مدل ِشان را ساده می‌کردند از سر ِ سیری یا ناآگاهی نبود. کار ِ به‌تر ی از دست ِشان بر نمی‌آمد. اگر همان موقع کس ی به آن‌ها انتقاد می‌کرد که علت ِ بدی یِ پیش‌بینی‌ها این است که پارامترها یِ زیاد ی را کنار گذاشته اند،

انتقاد درست می‌بود و در همان حال بی‌فایده. این به‌ترین کار ی بود که آن موقع از مردم بر می‌آمد، و روش ِ غیرِفیزیکی یا پادفروکاست‌گرایانه ای هم نبود که این مشکل را نداشته باشد.

یک اشکال ِ دیگر به اصل ِ دوم (یا شاید همان اشکال ِ قبلی به بیان ی دیگر) این است که فروکاست‌گرایی [a] (یا جزئی‌نگری) به این می‌انجامد که بعض ی پدیده‌ها دیده نشوند. مثال ی که برا یِ این ذکر می‌شود پدیده یِ آشوب است. آشوب، به بیان ِ ساده این است که تحول ِ یک سیستم به‌شدت به حالت ِ اولیه یِ آن سیستم وابسته باشد. پس خطا یی هر قدر کوچک در حالت ِ اولیه، سرانجام به خطا یی بزرگ در حالت ِ سیستم می‌انجامد، و عملاً سیستم را پیش‌بینی‌ناپذیر می‌کند. چنین‌خطاها یی در حالت ِ اولیه همیشه هستند، چه به خاطر ِ خطا در سنجش و چه به خاطر ِ خطا یِ محاسباتی. پس چنین‌سیستم‌ها یی در درازمدت پیش‌بینی‌ناپذیر اند. باز هم هواشناسی مثال ی از این سیستم‌ها است. می‌گویند ممکن است بال‌زدن ِ یک پروانه، در درازمدت به یک توفان بینجامد. به همین خاطر نَه حالا که هیچ وقت قدرت ِ پیش‌بینی یِ درازمدت ِ هوا را نخواهیم داشت.

من ربط ِ این به روش ِ فیزیکی (فروکاست‌گرایانه) را نمی‌فهمم. آیا سیستم‌ها یِ آشوب‌ناک را به روش ی غیرِفروکاست‌گرایانه بررسی می‌کنند؟ آیا پادفروکاست‌گرایان راه ی سراغ دارند که اثر ِ بال‌زدن ِ پروانه بر توفان را در نظر بگیرند و برا یِ وضع ِ هوا پیش‌بینی یِ درازمدت ِ معتبر انجام دهند؟ روشن است که جواب ِ این سئال‌ها منفی است.

شاید منظور این است که پیش از کشف ِ پدیده یِ آشوب تصور می‌شد هر سیستم ی را می‌شود با دقت ِ دل‌بخواه پیش‌بینی کرد، و حالا چنین تصور نمی‌شود. این درست است ولی خود ِ آشوب را فیزیک‌پیشه‌ها و ریاضی‌پیشه‌ها کشف کردند و حالا هم به‌تر از دیگران می‌دانند پی‌آمدها یِ این پدیده چیست. این تغییرِتصور اول‌ین بار نیست که رخ داده و بعید است آخرین بار هم باشد. پیش از کوانتم‌مکانیک تصور می‌شد برا یِ توصیف ِ سیستم‌ها یِ مکانیکی باید مسیر ِ ذره‌ها یِ سازنده یِشان را به دست آورد، و چنین‌هدف ی علی‌الاصول دست‌یافتنی است. کوانتم‌مکانیک این تصور را کاملاً به هم ریخت، معادلات ِ حاکم بر سیستم‌ها را هم تغییر داد. حتا این خواسته را که نتیجه یِ آزمایش‌ها با یقین معلوم باشد ناموجه (دست‌نیافتنی) شمرد. ولی هیچ یک از این‌ها به کنارگذاشتن ِ سه‌اصل ِ فروکاست‌گرایی [a] در فیزیک نینجامید. نتیجه ای که من از این

رخ‌دادها می‌گیرم این است که در فیزیک مدل‌ها و تصورها به‌روز می‌شوند و پیش می آید که مدل‌ها یی که درست (به‌تر است بگویم مفید) می‌پنداشتیم ِشان را کنار بگذاریم. این را خود ِ فیزیک‌پیشه‌ها هم می‌پذیرند، اما نکته این‌جا است که دستِ‌کم تا کنون کس ی راه ی عملی پیش ننهاده که این مشکلات (اگر این‌ها مشکل اند) را نداشته باشد.

شاید هم منظور از ارتباط‌دادن ِ آشوب با فروکاست‌گرایی این باشد که حالا معلوم شده سیستم‌ها یی هستند که تغییر ی هر چند اندک در توصیف ِ آن‌ها (از جمله کنارگذاشتن ِ پارامترها یی ظاهراً بی‌اهمیت) به پیش‌بینی‌ها یی کاملاً نادرست می‌انجامد. پس نباید هیچ پارامتر ی را حذف کرد. این که ممکن است حذف ِ بعض ی پارامترها از توصیف ِ بعض ی سیستم‌ها به پیش‌بینی‌ها یی نادرست (البته در درازمدت) بینجامد درست است، اما اگر راه ی نباشد که همه یِ پارامترها را در نظر بگیریم چه باید کرد؟ جز این است که باید بکوشیم پارامترها یی که اثر ِ تعیین‌کننده دارند را بشناسیم، و این که حساب کنیم (یا تخمین بزنیم) مقیاس ِ زمانی یِ درستی یِ پیش‌بینی‌ها چیست؟ اصولاً مگر می‌شود مطمئن شد همه یِ پارامترها در نظر گرفته شده اند؟

منصوری [k] از این که آدم‌ها بسیط فکر می‌کنند (همه یِ پارامترها را در نظر نمی‌گیرند) مثال‌ها یِ دیگر ی هم می‌آورد که ارتباط‌دادن ِشان به فروکاست‌گرایی [a] را حتا کم‌تر از موارد ِ پیش می‌فهمم (اگر منظور َش این است). مثلاً در صفحه یِ 115 از [7] آمده

> ... شعار ِ خوب ِ کوچک‌شدن ِ بدنه یِ دولت به این تبدیل می‌شود که بخش‌نامه می‌شود که همه یِ دست‌گاه‌ها یِ دولتی ده تا بیست درصد ِ کارمندان را کاهش دهند. چرا اگر قرار است دولت کارمندان َش را کم کند، باید هر سازمان ده درصد کم کند؟ شاید لازم باشد وزارت ِ کشاورزی چهل درصد کاهش دهد و وزارت ِ علوم بیست درصد افزایش دهد؛ ولی هیچ منطق ی نیست و این بیان‌گر ِ این است که مدیران ی که چنین‌سیاست ی را اجرا می‌کنند، بسیط فکر نمی‌کنند [می‌کنند]، ذهن ِشان پیچیده نیست ...

اشکال ی که منصوری [k] طرح می‌کند این است که اگر قرار باشد مجموع ِ چند عدد در ضریب ی ضرب شود، لازم نیست تک‌تک ِ آن عددها در این ضریب ضرب شوند، که کاملاً درست است. اما اگر منظور از بسیط‌فکرکردن همان تفکر ِ فروکاست‌گرایانه (به هر یک از معنی‌ها یِ بالا است) نمی‌فهمم این تصور ِ نادرست (که باید همه یِ عددها را در

آن ضریب ضرب کرد) چه ربط ی به فروکاست‌گرایی [a] دارد. باز فکر می‌کنم آن‌ها یی که فروکاست‌گرایی [a] را به کار می‌برند به‌تر از دیگران این قضیه را می‌دانند.

در واقع بر خلاف ِ آن‌چه شاید پادفروکاست‌گرایان (به معنی یِ اصل ِ دوم) بگویند، اهمیت ِ اصل ِ دوم در سیستم‌ها یِ پیچیده حتا بیش از اهمیت ِ آن در سیستم‌ها یِ ساده است. تعداد ِ پارامترها، در سیستم‌ها یِ پیچیده بیش‌تر است تا در سیستم‌ها یِ ساده. پس این که همه یِ پارامترها یِ درگیر را وارد کنیم، در سیستم‌ها یِ پیچیده حتا غیرِعملی‌تر است تا در سیستم‌ها یِ ساده. مثلاً در ترمودینامیک به جا یِ این که انرژی یِ تک‌تک ِ ذرات را بررسی کنند از کمیت ِ دما استفاده می‌کنند که معیار ی است از میان‌گین ِ انرژی یِ سیستم‌ها یی که از نظر ِ ماکروسکپی یک‌سان اند.

خلاصه، فکر می‌کنم پذیرش ِ اصل ِ دوم نتیجه یِ اجتناب‌ناپذیر ِ پذیرش ِ اصل ِ صفرُم است، و فروکاست‌گرایان هم برا یِ هر مسئله ای تا جا یی که می‌توانند تعداد ِ بیش‌تر ی پارامتر را در نظر می‌گیرند. به این ترتیب نمی‌فهمم منظور ِ منصوری [k] که می‌گوید جز فیزیک کل‌نگر است و می‌کوشد تعداد ِ زیاد ی پارامتر را در نظر بگیرد چیست. یعنی فرق ِ روش ی که او پیش می‌نهد با فروکاست‌گرایی [a] (به معنی یِ دوم) چیست. در واقع ِ خود ِ منصوری [k] هم در جا یی (صفحه یِ 35 از [7]) می‌پذیرد که جای‌گزین ی برا یِ فروکاست‌گرایی [a] پیش ننهاده:

> من هیچ دانش‌مند ی را ندیدم که پادفروکاست‌گرا باشد؛ نَه در اقتصاد و نَه در جاها یِ دیگر. آن‌ها یی که در زیست‌شناسی این بحث‌ها را مطرح کرده اند، فقط در مرحله یِ تصور اند و هنوز نمی‌توانند به عنوان ِ دانش‌مندان و متخصص‌ان ِ [پاد]فروکاست‌گرا مطرح باشند. من خود َم خیل ی به این مبحث علاقه دارم؛ گر چه در بحث ِ توسعه یِ ایران کوشیده ام نظرها یِ خود را مبتنی بر اصل ِ زیستارگرایی، که نوع ی پادفروکاست‌گرایی است، مطرح کنم؛ ولی هنوز نمی‌توانم بگویم اگر ما در فیزیک پادفروکاست‌گرا باشیم چه‌گونه باید نظریه بسازیم. هیچ کس نمی‌داند و این فقط به عنوان ِ اشکال ِ پیداشده ای در طرح‌ها یِ علمی مطرح می‌شود. در اقتصاد، هیچ اقتصاددان ی ندیده ام که خود َش ادعا کند پادفروکاست‌گرا است؛ اگر به من معرفی کنید خوش‌حال می‌شوم.

اگر تعبیر ِ من از عبارت ِ بالا درست باشد، آن‌گاه فرق ی که این عبارت با ادعا یِ اجتناب‌ناپذیربودن ِ اصل ِ دوم در صورت ِ پذیرش ِ اصل ِ صفرُم دارد این است که منصوری [k] می‌پذیرد جای‌گزین ی برا یِ اصل ِ دوم نیافته، و ادعا یِ من کم ی قوی‌تر است: جای‌گزین نَه تنها تا کنون پیدا نشده، در آینده هم پیدا نخواهد شد.

4 جمع‌بندی

به نظر ِ من ریاضیات و تجربه تنهاراه ِ بیان و اثبات ِ ادعاها مستقل از شخص است (فروکاست‌گرایی به معنی یِ صفرُم). پی آمد ِ پذیرش ِ این آن است که در توصیف ِ هر سیستم باید پارامترها یی انتخاب کرد و بر اساس ِ آن‌ها برا یِ سیستم مدل‌سازی کرد. هر چه تعداد ِ این پارامترها بیش‌تر باشد، توصیف ِ دقیق‌تر ی به دست می‌آید و البته کار هم سخت‌تر می‌شود (فروکاست‌گرایی به معنی یِ دوم). تجربه نشان داده کوشش برا یِ استنتاج ِ مدل برا یِ سیستم‌ها بر اساس ِ تعداد ِ کم ی قانون ِ جهان‌شمول مفید است (فروکاست‌گرایی به معنی یِ اول).

درباره یِ انگیزه برا یِ مخالفت با فروکاست‌گرایی، اثبات ِ ادعاها یَم ساده نیست چون راه ی برا یِ تشخیص ِ آن چه در ذهن ِ مردم می‌گذرد نمی‌شناسم. اما فکر می‌کنم بعض ی‌ها دوست دارند به نتیجه یِ خاص ی برسند که لزوماً از استدلال و تجربه به دست نمی‌آید (و شاید استدلال و تجربه به نتیجه ای متضاد با آن چه مطلوب ِشان است بینجامد). اما ضمناً کس ی جای‌گزین ی برا یِ فروکاست‌گرایی ارائه نکرده. البته می‌شود گفت شاید بعداً پیدا شود، که نمی‌دانم پی آمد ِ پذیرش ِ این ادعا (اگر اصولاً ادعا یی در کار باشد) چیست. صبر کنیم تا آن روش ِ دیگر پیدا شود؟

5 مرجع‌ها

[1] محمد خرمی؛ " فیزیک ریاضی چیست؟"، XM-002 (2004/02/05)

[2] Philip Warren Anderson; "more is different"; Science **177** (1972) 393

[3] Philip Warren Anderson; “against reductionism”; Physics World (November 2006) 10

[4] Steven Weinberg; “dreams of a final theory” (Pantheon Books, 1992)

[5] Steven Weinberg; “reductionsim redux”; The New York Review of Books **42**, 15 (5 October 1995)

[6] رضا منصوری؛ "ایران ۱۴۲۷: عزم ِ ملی برا یِ توسعه یِ علمی و فرهنگی"، ویراست ِ دوم (طرح ِ نو، ۱۳۸۰)

[7] حسن عشایری، موسا غنی‌نژاد، و رضا منصوری؛ "ایران ِ آینده از نگاه ِ سه اندیش‌مند ِ ایران ِ ام‌روز" (دیبایه، ۱۳۸٦)

[8] Aristotle; “Physics”, (Oxford University Press, 1996)

[9] Galileo Galilei; “Dialogue concerning the two chief world systems”, (Modern Library, 2001)

[10] Isaac Newton; “The Principia (mathematical principles of natural philosophy”, (University of California Press, 1999)

[11] “‘Hidden costs raise’ US war price”, http://news.bbc.co.uk/2/hi/americas/7092053.stm (13 November 2007)

[12] Jeffrey Mervis, “U.S. says no to next global test of advanced math, science students”, Science **317**, 5846 (28 September 2007) 1851

[13] http://hamvarda.blogspot.com/2007/08/blog-post_28.html

6 اسم‌ها یِ خاص، واژه‌نامه

[a] reductionism

[b] Philip Warren Anderson (1923/12/13 –)

[c] Steven Weinberg (1933/05/03 –)

[d] Nobel

[e] Nevill Francis Mott (1905/09/30 – 1996/08/08)

[f] John Hasbrouck van Vleck (1899/03/13 – 1980/10/27)

[g] Sheldon Lee Glashow (1932/12/05 –)

[h] Abdus Salam (1926/01/29 – 1996/11/21)

[i] Superconducting Super Collider (SSC)

[j] antireductionism

[k] Reza Mansouri (1948/01/08 –)

[l] Aristotelis (384 BCE– 322 BCE)

[m] Galileo Galilei (1564/02/15 – 1642/01/08)

[n] Wolfgang Pauli (1900/04/25 – 1958/12/15)

[o] Isaac Newton (1643/01/03 – 1727/03/31)

[p] Urbain Jean Joseph Le Verrier (1811/03/11 – 1877/09/23)

[q] John Couch Adams (1819/06/05 – 1892/01/21)

[r] Benjamin Franklin (1706/01/17 – 1790/04/17)

[s] Hans Christian Ørsted (1777/08/14 – 1851/03/09)

[t] Antoine-Laurent de Lavoisier (1743/08/26 – 1794/05/08)

[u] John Dalton (1766/09/06 – 1844/08/27)

[v] Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro (1776/08/09 – 1856/08/09)

[w] Stanislao Cannizzaro (1826/08/13 – 1910/05/10)

[x] Joseph John Thomson (1856/12/18 – 1940/08/30)

[y] Ernest Rutherford (1971/08/30 – 1937/10/19)

[z] vis vitalis

[aa] Friedrich Wöhler (1800/07/31 – 1882/09/23)

[ab] vitalism

[ac] James Clerk Maxwell (1831/06/13 – 1879/11/05)

[ad] Josiah Willard Gibbs (1839/02/11 – 1903/04/28)

[ae] Ludwig Eduard Boltzmann (1844/02/20 – 1906/09/05)

[af] fluctuation-dissipation theorem

[ag] Albert Einstein (1879/03/14 – 1955/04/18)

[ah] Thales (624 BCE – 546 BCE)

[aj] Democritus (460 BCE – 370 BCE)

[ak] William Thomson (Kelvin) (1824/06/26 – 1907/12/17)

[al] Johannes Kepler (1571/12/27 – 1630/11/15)

[am] Global Positioning System (GPS)

[an] Body Mass Index (BMI)