



دانشگاه آزاد اسلامی

چی میسه اگه؟

ترجمه این کتاب را به دوست گرامی
علی فنونی تقدیم می کنم.

چی میسه اگه؟

پاسخ‌های علمی جدی به سوالات فرضی نامعقول

رندل مانرو

ترجمه‌ی

محمدعلی جعفری

زمت‌لانت ماریار

| | |
|-------------------------|--|
| سرشناسه | : مانرو، رندل Munroe, Randall |
| عنوان و نام پدیدآور | : چی میشه اگه؟: پاسخ‌های علمی جدی به سوالات فرضی نامعقول/ رندل مانرو؛ ترجمه‌ی محمدعلی جعفری. |
| مشخصات نشر | : تهران: مازیار، ۱۳۹۵. |
| مشخصات ظاهری | : ۳۱۲ ص.: مصور، جدول: ۱۴/۵ × ۲۱/۵ س.م. |
| شابک | : ۹۷۸-۶۰۰-۶۰۴۳-۶۵-۴ |
| وضعیت فهرست‌نویسی: فیبا | |
| یادداشت | : عنوان اصلی: |
| | : What if? : serious scientific answers to absurd hypothetical questions, 2014 |
| عنوان دیگر | : پاسخ‌های علمی جدی به سوالات فرضی نامعقول. |
| موضوع | : علوم -- مطالب گونه‌گون |
| موضوع | : Science -- Miscellanea |
| موضوع | : فیزیک |
| موضوع | : Physics |
| شناسه افزوده | : جعفری، محمدعلی، ۱۳۵۸ - مترجم |
| رده بندی کنگره | : ۱۳۹۵ ج۹/م۲ Q۱۷۳ |
| رده بندی دیویی | : ۵۰۰ |
| شماره کتابشناسی ملی | : ۴۴۳۷۱۴۲ |

www.mazyarpub. om
mazyarpub@yahoo.com

سئالات مازیار

مقابل دانشگاه تهران، ساختمان ۱۲۹۶ (ظروفچی) طبقه اول، واحد ۴، تلفن ۶۶۴۶۲۴۲۱

چی میشه اگه؟

(پاسخ‌های علمی جدی به سوالات فرضی نامعقول)

رندل مانرو

ترجمه‌ی محمدعلی جعفری

صفحه‌آرایی: مروا ک.

چاپ اول ۱۳۹۵

شمارگان ۱۱۰۰

چاپ و صحافی واژه

شابک ۹۷۸-۶۰۰-۶۰۴۳-۶۵-۴



فهرست مطالب

| | | | |
|-----|-----------------------------------|----|-----------------------------------|
| ۸۷ | صعود مداوم | ۱۱ | توفان جهانی |
| | سوآلات عجیب (و نگران کننده) از چه | ۲۱ | استخر سوخت مصرف شده |
| ۹۱ | می شود اگر؟ کازیه، شماره‌ی ۳ | | سوآلات عجیب (و نگران کننده) از چه |
| ۹۲ | زیردریایی در مدار | ۲۵ | می شود اگر؟ کازیه، شماره‌ی ۱ |
| ۹۷ | بخش جواب کوتاه | ۲۶ | ماشین زمان به سبک نیویورکی |
| ۱۰۲ | آذرخش | ۳۴ | رفقا |
| | سوآلات عجیب (و نگران کننده) از چه | ۳۹ | لیزر نشانگر |
| ۱۰۸ | می شود اگر؟ کازیه، شماره‌ی ۴ | ۴۷ | دیواره‌ی تناوبی عناصر |
| ۱۰۹ | کامپیوتر انسانی | ۵۵ | پرش همه |
| ۱۱۵ | سیاره‌ی کوچولو | ۵۹ | یک مول موش کور |
| ۱۱۹ | پرتاب استیک | ۶۵ | سشوار |
| ۱۲۴ | دیسک هاکی | | سوآلات عجیب (و نگران کننده) از چه |
| ۱۲۶ | سرماخوردگی | ۷۴ | می شود اگر؟ کازیه، شماره‌ی ۲ |
| ۱۳۱ | لیوان نیمه خالی | ۷۵ | آخرین چراغ بشر |
| | سوآلات عجیب (و نگران کننده) از چه | ۸۲ | جت پک با مسلسل |



| | | | |
|-----|-----------------------------------|-----|-----------------------------------|
| ۱۹۶ | فنانا پذیران گمشده | ۱۳۷ | می شود اگر؟ کازیه، شماره‌ی ۵ |
| ۲۰۰ | سرعت مداری | ۱۳۸ | منجمان بیگانه |
| ۲۰۵ | پهنای باند فیدکس | ۱۴۳ | خداحافظ DNA |
| ۲۰۸ | سقوط آزاد | ۱۴۹ | شرکت هواپیمایی بین سیاره‌ای |
| | سوآلات عجیب (و نگران کننده) از چه | | سوآلات عجیب (و نگران کننده) از چه |
| ۲۱۲ | می شود اگر؟ کازیه، شماره‌ی ۹ | ۱۵۵ | می شود اگر؟ کازیه، شماره‌ی ۶ |
| ۲۱۳ | اسپارت | ۱۵۶ | یودا |
| ۲۱۷ | اقیانوس‌ها را بخشکانید | ۱۵۹ | ایالات پرتردد |
| ۲۲۳ | اقیانوس‌ها را بخشکانید: قسمت دوم | ۱۶۴ | سقوط با هلیم |
| ۲۳۰ | توییتز | ۱۶۷ | همه بیرون |
| ۲۳۵ | پل لگو | | سوآلات عجیب (و نگران کننده) از چه |
| ۲۴۱ | طولانی ترین غروب | ۱۷۱ | می شود اگر؟ کازیه، شماره‌ی ۷ |
| ۲۴۶ | تماس عطسه‌ای تصادفی | ۱۷۲ | خود- بارورسازی |
| | سوآلات عجیب (و نگران کننده) از چه | ۱۸۲ | پرتاب بلند |
| ۲۴۹ | می شود اگر؟ کازیه، شماره‌ی ۱۰ | ۱۸۷ | نوترینوهای مهلک |
| ۲۵۰ | زمین گسترش یابنده | | سوآلات عجیب (و نگران کننده) از چه |
| ۲۵۷ | تیر بی وزن | ۱۹۱ | می شود اگر؟ کازیه، شماره‌ی ۸ |
| ۲۶۱ | زمین بی خورشید | ۱۹۲ | سرعت گیر |

| | | | |
|-----|-----------------------------------|-----|-----------------------------------|
| ۲۸۶ | می شود اگر؟ کازیه، شماره‌ی ۱۱ | ۲۶۴ | به روزرسانی ویکی پدیای چاپ شده |
| ۲۸۷ | قطره‌ی باران | ۲۶۷ | فیسبک مردگان |
| ۲۹۲ | کنکور حدسی | ۲۷۲ | غروب در امپراتوری بریتانیا |
| ۲۹۴ | گلوله‌ی نوترونی | ۲۷۵ | هم زدن چای |
| | سوآلات عجیب (و نگران کننده) از چه | ۲۷۹ | تمام آذرخش‌ها |
| ۳۰۳ | می شود اگر؟ کازیه، شماره‌ی ۱۲ | ۲۸۳ | تنهاترین انسان |
| ۳۰۴ | ۱۵ ریشتر | | سوآلات عجیب (و نگران کننده) از چه |



پروگرام
تعمیرات

مقدمه

این کتاب مجموعه جواب‌هایی است به پرسش‌هایی فرضی. این پرسش‌ها را از طریق وبگاه خود xkcd دریافت کرده‌ام که در آن — علاوه بر این‌که نقشی چون ستون روزنامه‌ای دیر ابی (Dear Abby) برای دانشمندان بی‌پروا دارد — قصه‌های مصور خود را با تصاویر ساده‌ی خط‌سان (stick figure) ارائه می‌دهم.

من ابتدا کار خود را با قصه‌های مصور آغاز نکردم. من به تحصیل فیزیک پرداختم و پس از فراغت از تحصیل در رشته‌ی رباتیک در ناسا مشغول به کار شدم. سپس از ناسا بیرون آمدم تا تمام وقت به تهیه‌ی قصه‌های مصور بپردازم، اما علاقه‌ام به علم و ریاضیات فروکش نکرد. این علاقه در نهایت شکل تازه‌ای پیدا کرد: جواب دادن به پرسش‌های عجیب گاهی نگران‌کننده — اینترنتی. این کتاب گزیده‌ای از جواب‌های مورد علاقه‌ام را از وبگاهم به علاوه‌ی مجموعه پرسش‌های جدیدی در بر می‌گیرد که اولین بار اینجا به آن‌ها جواب داده‌ام.

تا جای که به یاد دارم در تلاش برای جواب دادن به پرسش‌های عجیب از ریاضیات سود جسته‌ام. وقتی پنج‌ساله بودم گفتگویی با مادرم داشتم که او متن گفتگویمان را نوشته و در آلبوم عکسی نگه داشته بود. مادرم به محض اطلاع از شروع نگارش این کتاب، دست‌نوشته را پیدا کرد و آن را برایم فرستاد. این گفتگو را موبه‌مو از تکه کاغذ ۲۵ سال پیش در اینجا آورده‌ام:

رندل: در خانه‌ی ما تعداد چیزهای سخت بیشتر است یا چیزهای نرم؟

جولی: نمی‌دانم.

رندل: در دنیا چطور؟

جولی: نمی‌دانم.

رندل: خب، در هر خانه‌ای سه یا چهار بالش وجود دارد، درست است؟

جولی: بله.

رندل: و در هر خانه‌ای تقریباً ۱۵ آهن‌ریا وجود دارد، خب؟

جولی: فکر کنم.

رندل: پس ۱۵ به علاوه‌ی ۳ یا ۴، بگیریم ۴، می‌شود ۱۹، خب؟

جولی: خب.

رَندل: پس احتمالاً ۳ میلیارد چیز نرم و ۵۰۰۰ میلیارد چیز سخت وجود دارد.
خب، کدام یک برنده شد؟
جولی: فکر کنم چیزهای سخت.

تا همین الان نمی‌دانم «۳ میلیون» و «۵ میلیون» را از کجا آورده بودم. واضح است که با طرز کار اعداد آشنا نبودم.
ریاضیاتم طی سال‌ها بهتر شد، اما دلیل اشتغالم به ریاضیات همانی است که در پنج سالگی ام بود: می‌خواهم به سوالات پاسخ بدهم.
می‌گویند سوالات احمقانه وجود ندارد. این نظر یقیناً اشتباه است؛ مثلاً به نظرم سوالم درباره‌ی چیزهای نرم و سخت کاملاً احمقانه است. اما از قرار معلوم تلاشی که صرف یافتن پاسخ کامل به سوالی احمقانه می‌شود می‌تواند شما را به نتایج جالبی برساند.

هنوز نمی‌دانم که در دنیا تعداد چیزهای سخت بیشتر است یا چیزهای نرم. اما در این مسیر مطالب بسیار دیگری آموخته‌ام. آنچه در ادامه می‌آید بخش‌های موردعلاقه‌ام از این سفر است.

رَندل مانرو

توفان جهانی

س. اگر زمین و تمام اجسام زمینی ناگهان از چرخیدن باز ایستند، اما جو زمین سرعت خود را حفظ کند، چه می شود؟

— اندرو براون

ج. تقریباً همه خواهند مرد. بعد از آن همه چیز جالب می شود. سطح زمین در استوا با سرعت تقریبی ۴۷۰ متر بر ثانیه — کمی بیش از هزار مایل بر ساعت — نسبت به محور خود حرکت می کند. اگر زمین متوقف شود، اما هوا به حرکت خود ادامه دهد، نتیجه‌ی آن تولید باد نابهنگام با سرعت هزار مایل بر ساعت است.

باد در استوا شدیدتر است، اما هر کس و هر چیزی که بین ۴۲ درجه‌ی شمالی و ۴۲ درجه‌ی جنوبی زندگی می کند — تقریباً ۸۵ درصد جمعیت جهان — ناگهان با بادهای مافوق صوت مواجه می شود.

شدیدترین بادهای مجاور سطح تنها چند دقیقه طول می کشند؛ اصطکاک با زمین از سرعتشان می کاهد. اما همین چند دقیقه عملاً برای ویران کردن تمام سازه‌های بشری کافی است.



■ اتفاقات و هشتناکی می افتد
□ اتفاقات و هشتناکی می افتد، اما آرام‌تر

خانه‌ی من در بوستون در منتهالیه شمالی در فاصله‌ی اندکی بیرون ناحیه‌ی باد

مافوق صوت قرار دارد، اما آنجا نیز شدت بادهای دو برابر پر قدرت ترین توفان هاست. ساختمان‌ها از سوله‌ها گرفته تا آسمان‌خراش‌ها خرد و خاکشیر شده، از بیخ و بن کنده و همه‌جا پرتاب می‌شوند.

بادهای در مجاور قطب‌ها آرام‌ترند، اما فاصله‌ی هیچ شهری از استوا به اندازه‌ای نیست که از ویرانی در امان بماند. لانگیربین^۱، در جزیره‌ی سوالبار نروژ — شهری در بالاترین عرض جغرافیایی کره‌ی زمین — با بادهایی در حد قوی‌ترین گردبادهای گرمسیری ویران خواهد شد.

اگر دنبال سرپناه باشید، چه‌بسا بهترین جا، هلسینکی در فنلاند باشد. البته عرض جغرافیایی بالا در آنجا — بالاتر از 60°N حدی نیست که بادهای بر آن چیره نشوند. سنگ بستر زیر هلسینکی مجموعه‌ی شبکه‌ی پیچیده‌ای از تونل‌ها به علاوه‌ی بازارچه‌ی زیرزمینی، پیست هاکی، استخر و چیزهای دیگر است.

این همه سال ما را به فاطر زندگی در چنین مکان
سرد و تاریکی مسفره می‌کردید!



هیچ ساختمانی در امان نمی‌ماند؛ حتی سازه‌های مقاوم در برابر باد دچار دردسر می‌شوند. به نقل از ران وایت کم‌دین درباره‌ی توفان‌ها، «مسئله وزیدن باد نیست، بلکه این است که چه چیزی را می‌وزاند.»

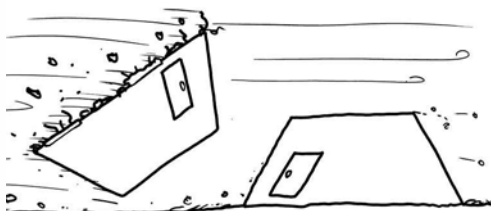
مثلاً فرض کنید مقیم پناهگاه زیرزمینی بزرگی هستید از جنس ماده‌ی مقاوم در برابر بادهایی با سرعت هزار مایل بر ساعت.

خوب است و در امان خواهید بود... البته به شرطی که تنها ساکن پناهگاه باشید. متأسفانه احتمالاً همسایگانی دارید، و اگر استحکام پناهگاه زیرزمینی همسایه در مسیر باد به سمت شما کمتر باشد، پناهگاه شما باید در برابر ضربه‌ی پناهگاه آنها با سرعت هزار مایل بر ساعت مقاومت کند.

آنکه نور و دومین فوک کوپولو از
اورانیم روبه اتمام خانه‌ای سافت
و گرگ شبیه «آرم قرتی‌ها» بود.



نژاد بشر منقرض نخواهد شد.^۱ در کل تعدادی از مردم روی سطح زمین نجات می‌یابند؛ آت و آشغال معلق در هوا هرچیز نامقاوم در برابر نیروی هسته‌ای را بر سر راه خود در هم می‌کوبد. اما بسیاری از مردم زیر سطح زمین نجات پیدا می‌کنند. اگر در زیرزمین عمیق (یا بهتر از آن در تونل زیرزمینی) باشید، شانس نجات شما هنگام وقوع حادثه بالاست.



نجات‌یافتگان خوش‌شانس دیگری نیز خواهند بود. ده‌ها دانشمند و کارمند ایستگاه تحقیقاتی آموندسن-اسکات در قطب جنوب از بادها در امان خواهند بود. اولین علامت خطر برای آن‌ها این است که دنیای بیرون ناگهان در سکوت فرو رفته است.

این سکوت اسرارآمیز احتمالاً مدتی حواس آن‌ها را پرت می‌کند، اما سرانجام شخصی متوجه مورد عجیب‌تری می‌شود:

۱. منظورم بلافاصله است.



هوا

وقتی بادهای سطحی فروکش کرد، همه چیز عجیب تر خواهد شد. وزش باد به وزش گرما تبدیل می شود. در حالت عادی، انرژی جنبشی باد شتابان بسیار ناچیز و قابل چشم پوشی است، اما این باد معمولی نیست. وقتی خروشان و متلاطم متوقف می شود، هوا گرم خواهد شد. این وضعیت بر فراز زمین به افزایش دمای سوزان... در نواحی مرطوب — به توفان تندی سراسری تبدیل می شود.

در عین حال، باد اقیانوس ها را می روبد و لایه ی سطحی آب را به تلاطم در می آورد و پودر می کند. برای مدتی، اقیانوس دیگر هیچ سطحی نخواهد داشت؛ دیگر نمی توان گفت کجا افشانه ی قطرات به پایان می رسد و دریا آغاز می شود. اقیانوس ها سردند. دما زیر لایه ی نازک سطح یکسره 4°C است. توفان آب سرد را از اعماق به تلاطم در می آورد. با شارش افشانه ی سرد به هوای داغ، اقلیمی ایجاد می شود که تاکنون در زمین مشاهده نشده است — مخلوط خروشان باد، افشانه، مه و تغییرات سریع دما.

این طغیان مانند شکوفا شدن حیات است، در حالی که مواد غذایی تازه به لایه های بالاتر فوران می کنند. در عین حال به مرگ پی درپی و عظیم ماهیان، خرچنگ ها، لاک پشت های دریایی و حیواناتی منتهی می شود که نمی توانند خود را با جریان آب فاقد اکسیژن کافی از اعماق سازگار کنند. هر حیوانی — از قبیل نهنگ ها و دلفین ها — که به تنفس وابسته است برای ادامه ی حیات خود در سطح مشترک خروشان دریا- هوا دچار مشکل می شود.

امواج کره ی زمین را از شرق تا غرب درمی نوردد و هر ساحلی رو به شرق با بزرگ ترین خروش توفانی تاریخ جهان مواجه می شود. ابر کورکننده ی افشانه ی

دریا خشکی را می‌روید و پشت سرش دیوار خروشان و آشفته‌ی آب همچون سونامی پیشروی می‌کند. در برخی مناطق، امواج مایل‌ها در خشکی پیش می‌رود. توفان‌ها مقادیر عظیم گرد و خاک و آت و آشغال را در جوّرها می‌کنند. در عین حال، لایه‌ی ضخیم مه بر فراز سطوح سرد اقیانوس تشکیل می‌شود. در حالت عادی، این وضعیت به افت دمای جهانی منتهی می‌شود. و این اتفاق‌ها رخ می‌دهد. دست‌کم، در یک سمت زمین.

اگر زمین از چرخش بازایستد، چرخه‌ی طبیعی روز و شب به پایان می‌رسد. خورشید کاملاً در آسمان متوقف نمی‌شود، بلکه به جای طلوع و غروب روزانه تنها سالی یک بار طلوع و غروب می‌کند.

حتی شب و روز در استوا شش ماه به طول می‌انجامد. در سمت روز زمین، سطح زمین زیر تابش مستقیم آفتاب می‌سوزد، در حالی که در سمت شب دما کاهش می‌یابد. جریان همرفت در سمت روز به توفان‌های عظیم در منطقه‌ی زیر تابش آفتاب منتهی می‌شود.^۱

اگر پرفه‌ی قدیمی روز / شب از کار بیافتد،
چه موقع به این پرن‌ها غذا برهم؟



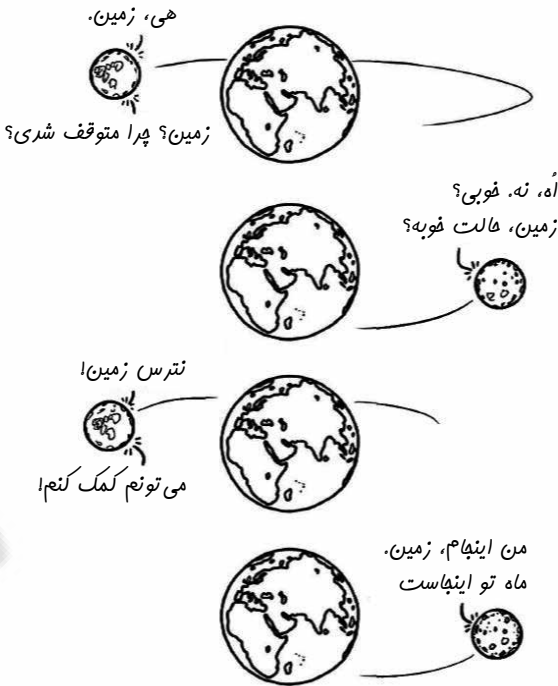
این زمین از جهاتی شبیه یکی از سیارات برون منظومه‌ای با قفل جزو و مدّی است که در منطقه‌ی قابل سکونت ستاره‌ی کوتوله‌ی سرخ پیدا می‌شوند، اما نمونه‌ی بهتر چه‌بسا سیاره‌ی زهره باشد. به دلیل گردش این سیاره — مانند زمین ایستاده‌ی ما — هر بار به مدت چند ماه همواره یک طرف زهره به سمت خورشید است. اما جوّ ضخیم زهره خیلی سریع می‌چرخد و در نتیجه دمای سمت روز با دمای سمت شب تقریباً برابر می‌کند.

هرچند طول روز تغییر می‌کند، اما طول یک ماه ثابت می‌ماند! ماه از گردش دور زمین باز نایستاده است. اما اگر دوران زمین به منزله‌ی عامل انرژی جزر و مدّی در میان نباشد، ماه (برخلاف وضعیت کنونی) از زمین رانده نمی‌شود و آرام

۱. هرچند در نبود نیروی کوریولیس هرکسی حدس می‌زند که در چه جهتی می‌چرخد.

به طرف ما سوق داده می شود.

در واقع، ماه — شریک وفادار ما — ویرانی ناشی از سناریوی اندرو [طراح این سؤال] را بی اثر می کند. هم‌اکنون زمین سریع تر از ماه می چرخد و جزر و مدها دوران زمین را کند و ماه را از ما دور می کند! اگر از چرخش باز ایستیم، ماه دیگر از ما دور نمی شود. در عوض سرعت ما را کاهش و جزر و مدهایش به چرخش ما شتاب می دهد. گرانش ماه آرام و آهسته سیاره‌ی ما را به سمت خود می کشد...



... و زمین دوباره شروع می کند به چرخیدن.



بیسبال نسیتی

س. اگر به توپ بیسبالی که با سرعت ۹۰ درصد سرعت نور پرتاب شده ضربه بزنید، چه می شود؟

- الن مک مانیس



بیاید از این سوال که چگونه چنین سرعتی به توپ بیسبال بدهیم صرف نظر کنیم. فرض کنید پرتاب عادی باشد، جز این که در لحظه‌ای که بازیکن توپ را پرتاب می کند، توپ به طرزی معجزه آسا تا ۰/۹c شتاب می گیرد. از این نقطه به بعد، همه چیز بنا بر فیزیک عادی پیش می رود.

ج. جواب از قرار معلوم «خیلی چیزها» است، و آن‌ها خیلی هم سریع اتفاق می افتند، و توپ زن (یا توپ پرتاب کن) نیز عاقبت خوشی نخواهد داشت. رقتم سراغ چند کتاب، فیگورهای بازی نولان رایان بازیکن بیسبال و چندتا ویدیوی آزمایش‌های هسته‌ای و کوشیدم راه حل را پیدا کنم. در ادامه بهترین حدس مرا در قالب طرحی نانو ثانیه به نانو ثانیه می خوانید.

توپ چنان سریع حرکت می کند که هر چیز دیگری عملاً ساکن به نظر خواهد آمد. حتا مولکول‌های هوا ساکن می شوند. مولکول‌های هوا با سرعت چند صد مایل در ساعت به جلو و عقب ارتعاش می کنند، اما توپ با سرعت ۶۰۰ میلیون مایل در ساعت از لابه لای آن‌ها عبور می کند. یعنی هنگام مشاهده‌ی توپ، آن‌ها صرفاً معلق و یخ زده می مانند.

اینجا ایده‌های آیرودینامیک معتبر نیست. در حالت عادی، هوا در اطراف هر چیز متحرک جریان دارد. اما مولکول‌های هوا فرصت ندارند از سر راه این توپ کنار بروند. توپ چنان سخت به آن‌ها ضربه می زند که اتم‌های مولکول‌های هوا درواقع با اتم‌های سطح توپ آمیخته می شوند. هر برخورد، فورانی از پرتوهای گاما

و ذرات پراکنده رها می کند.^۱



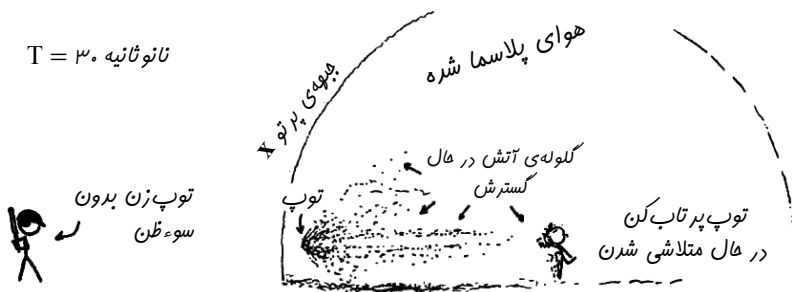
پرتوهای گاما و آت و آشغال به شکل حبابی به مرکزیت محل پرتاب توپ پرتاب کن به بیرون گسترش می یابد. اینها مولکولهای هوا را می شکافند، الکترونها را از هسته جدا می کنند و هوای استادیوم را به حباب گسترش یابنده ی پلاسما ی تابان تبدیل می کنند. دیواره ی حباب با سرعتی در حد سرعت نور — تنها کمی جلوتر از خود توپ — به توپ زن نزدیک می شود.

آمیختگی مداوم مقابل توپ به آن فشار می آورد و از سرعتش می کاهد، شبیه موشکی که با موتور روشن رو به عقب حرکت کند. متأسفانه سرعت توپ چنان زیاد است که حتا نیروی عظیم این انفجار گرما هسته ای به سختی از سرعت آن می کاهد. اما به هر حال با ساییدن سطح، تکه های کوچک توپ را به تمام جهات پرتاب می کند. این تکه ها با سرعت زیاد هنگام برخورد با مولکولهای هوا موجب دو یا سه آمیختگی بیشتر می شوند.

توپ پس از حدود ۷۰ نانوثانیه به گوشه ی چوب زن می رسد. توپ زن حتا متوجه پرتاب توپ از طرف توپ پرتاب کن نشده است، زیرا نور حامل این اطلاعات تقریباً هم زمان با خود توپ به او خواهد رسید. برخورد با هوا توپ را تقریباً به طور کامل می ساید و توپ اکنون شبیه ابر گلوله سانی از پلاسما ی گسترش یابنده — عمدتاً کربن، اکسیژن، هیدروژن و نیترژن — است که با هوا برخورد می کند و موجب آمیختگی های بیشتر می شود. ابتدا پوسته ی پرتوهای x به

۱. بعد از انتشار نسخه ی اول این مقاله، هانس ریندرنشت فیزیکدان MIT در تماس با من خبر داد که این سناریو را در کامپیوترهای آزمایشگاه خود شبیه سازی کرده است. او فهمید که در مراحل اولیه ی پرواز توپ، سرعت اغلب مولکولهای هوا سریع تر از آن است که آمیختگی اتفاق بیفتد و آن ها از کنار توپ عبور می کنند و توپ را بسیار آرام تر و یکنواخت تر از آنچه در مقاله ی اصلی ام توصیف کرده بودم گرم می کنند.

توپ زن برخورد و چند نانو ثانیه بعد آت و آشغال به او اصابت می کند.



سرعت مرکز ابر پس از رسیدن به گوشه ی چوب زن هنوز در حد سرعت نور است. ابر ابتدا به چوگان برخورد می کند، اما سپس توپ زن، گوشه، و بُل گیر همه قاپیده می شوند و هنگام متلاشی شدن به سمت حفاظ تماشاچیان کشیده می شوند. پوسته ی پرتوهای... پلاسمای فوق داغ رو به بیرون و بالا گسترش می یابد و حفاظ، هر دو تیم، جایگاه تماشاچیان و همسایگی مجاور را — همه در اولین میکروثانیه — فرو می بلعد.

فرض کنید از بالای تپه بیرون شهر در حال تماشا باشید. اولین چیزی که می بینید نور خیره کننده ای بسیار درخشان تر از خورشید است. این نور به تدریج طی چند ثانیه محو و گلوله ی آتش گسترش یابنده به ابر قارچی شکل تبدیل می شود. سپس موج انفجار با غرشی عظیم از راه می رسد و درختان را از بین می برد و خانه ها را ویران می کند.



همه چیز در فاصله‌ی یک مایلی زمین بازی با خاک یکسان می‌شود و توفان آتش شهر مجاور را در خود فرو می‌برد. محوطه‌ی بیسبال که اکنون دهانه‌ی آتشفشانی نسبتاً بزرگی است چند صد فوت زیر محل سابق حفاظ خواهد بود. بنا به قانون (b) ۶/۰۸ لیگ برتر بیسبال در این وضعیت، توپ‌زن «مورد اصابت» قرار گرفته و مجاز است به گوشه‌ی اول زمین برود.