

Reakcje łańcuchowe, reakcje atomowe

Monika Tworek

Wszystko ma wpływ

Dość popularne jest stwierdzenie, że trzepot skrzydeł motyla w Ohio może spowodować burzę piaskową w Teksasie. Tym prostym zdaniem wiele osób chce pokazać, że ze względu na reakcje łańcuchowe nie mamy na nic wpływu bądź zmieniamy otaczający nasz świat przez nawet nieistotne zachowanie. Jednakże, czy te określenie reakcji łańcuchowej jest poprawne? W końcu często w życiu codziennym uważa się za synonimy szybkość, czy prędkość, a dla fizyka to jednak nie to samo.

Domino Day

Reakcję łańcuchową najczęściej porównuje się do przewracania się klocków domina. Bardzo spektakularnie wygląda jeżeli kolorowe klocki po przewróceniu się tworzą jakiś wzór. Pierwsza rzecz jaka się mi wtedy nasuwa, to Domino Day¹, na którym oprócz zadań specjalnych zwracało się przede wszystkim uwagę, że wystarczy popchnąć pierwszy klocek, a efekty mogą być po prostu bajeczne. Lawina również jest często traktowana jako przykład reakcji łańcuchowej. W tym momencie warto sobie zadać pytanie jakie są warunki, by cokolwiek uzyskało miano reakcji łańcuchowej. Intuicja podpowiada, że wszystkie zdarzenia łączy fakt, że wystarczy niepozorny początek, by potem reakcja rozprzestrzeniła się na coraz więcej i więcej elementów. Suche twierdzenie fizyczne wyjątkowo² to potwierdza mówiąc, że inicjowanie jest stosunkowo wolnym procesem, ale szybszym od terminacji, a propagacja jest co najmniej o jeden rząd szybszym procesem od procesu inicjacji i terminacji. W tym momencie mój zapał trochę ostygł. O ile jeszcze inicjacja to wyraz, który czasem pojawia się w literaturze użytkowej, ale pozostałe wyrazy powoli przypominają tajemne zaklęcia. Wystarczy jednak sięgnąć do słownika, by okazało się, że terminacja to wszystkie procesy prowadzące do zaniku miejsc aktywnych zwanych centrami reaktywności, a propagacja, to seria identycznych, stale powtarzających się reakcji prowadzących do otrzymania produktu z odtworzeniem się lub namnożeniem centrów reaktywności. W tym momencie poszukiwań trafia się najczęściej na zbiór formułek, czy ciekawostek. Warto wtedy się dowiedzieć, że łańcuch kinetyczny, to jeden proces zaczynający się od pierwotnego inicjowania, poprzez akty propagacji aż do terminacji, który może mieć charakter liniowy bądź drzewiasty. Dość zabawnie brzmi rozróżnienie na reakcje "pseudożyjące" i procesy "żyjące". Nie występuje tam terminacja, czyli układ jest stale "głodny" (procesy "żyjące"), bądź procesy terminacji są zastąpione cyklicznie powtarzającymi się procesami przeniesienia.

Jak to jest być skrybą?³

Wiele wzorów, czy hipotez powstało od głupiego pytania. "Bo są pytania wielkie i są pytania mniejsze"⁴. Znanie większości społeczeństwa przysłowie mówi, że nie ma głupich pytań, są tylko

¹ https://pl.wikipedia.org/wiki/Dzie%C5%84_Domina

² Dylatacja czasu, czy Szczególna Teoria Względności

³ https://www.youtube.com/watch?v=R__buemC5Nc

⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=ISYpmrny5-U>

głupie odpowiedzi. Jeżeli nie zatraci się w sobie dziecięcej ciekawości można uzyskać wiele ciekawych informacji. Grając w baseball na zajęciach sportowych, które akurat odbywały się po lekcji fizyki w liceum, zauważyłam, że piłki w sumie poruszają się dość szybko, ale co by się stało jakby poruszały się podczas meczu baseballu niemalże z prędkością światła? Pierwsza odpowiedź nasuwa się sama. Wydarzyłoby się wiele rzeczy złych dla pałkarza. Ewentualnie miotacza. Oczywiście wydarzyłyby się też bardzo szybko. Piłka pędziłaby tak szybko, że powietrze dookoła niej by stało. A ponieważ cząsteczki nie miałyby czasu usunąć się piłce z drogi, więc piłka uderzałaby w nie tak mocno, że nastąpiłaby fuzja jąder atomów cząstek powietrza z jądrami atomów z powierzchni piłki. W efekcie każdemu zderzeniu towarzyszyłby rozbłysk i emisja różnych cząsteczek. W tym momencie można zauważyć, że te doświadczenie myślowe ma jednak coś wspólnego z tematem eseju, bo promienie gamma i cząsteczki rozprzestrzeniałyby się na zewnątrz w bańce, której środkiem byłby miotacz. Zaczęłyby one rozbijać cząsteczki powietrza powodując kolejne reakcje, bo odrywałyby elektrony od jąder i powietrze stałoby się plazmą. Ciągła fuzja spowodowałaby spowolnienie lotu piłki poprzez wywieranie nacisku, ale jednak nie zmieniałaby jej prędkości znacząco. Siła ta by jednak powoli zjadała piłkę i rozrzucała jej fragmenty we wszystkich kierunkach. W pewnym momencie zderzenia z cząsteczkami "zjadłyby" do końca piłkę, która zamieniłaby się w chmurę rozszerzającej się plazmy powodującej kolejne cykle fuzji. Bardzo ciekawie byłoby to zobaczyć, bo można by było obejrzeć oślepiające światło, dużo jaśniejsze od Słońca, a następnie grzyba atomowego⁵, jednak warto robić to z dość dalekiej odległości, bo z bliższej w sumie zostałaby się zdematerializowanym. Wystarczy więc mała piłeczka baseballowa, by zniszczyć wszystko w promieniu półtorej kilometra.

Wariacje na temat reakcji

Najczęściej reakcje łańcuchowe kojarzy się z reakcjami atomowymi. Są to przemiany jąder atomowych, w których wyniku powstają inne jądra atomowe innych pierwiastków bądź izotopów. Oddziaływanie jądrowe prowadzące do reakcji nazywane są często zderzeniami. Skoro z jąder atomowych powstają inne jądra, to są tylko dwie możliwości. Albo z jąder lżejszych powstają jądra o większej liczbie atomowej bądź masowej, albo liczby atomowe lub masowe produktów reakcji są mniejsze niż substratów. Pierwszy przypadek to reakcja syntezy, a drugi to reakcja rozpadu. Czasami uwzględnia się również reakcję wymiany, gdzie dodatkowym substratem jest pojedynczy nukleon lub cząstka alfa. Można też dokonać podziału ze względu na towarzyszenie wydzielania się energii, czyli reakcja egzotermiczna, bądź jej pochłanianie, czyli endotermiczna. Tak jak w przypadku zasady zachowania energii czy pędu, tutaj również należy pamiętać, że jest zachowana liczba nukleonów i ładunku elektrycznego. Warto w tym momencie wspomnieć o przemianach, które często pojawiają się w trakcie toku nauki w szkole. Rozróżnia się głównie cztery przemiany w zależności od emitowanego promieniowania i ich wpływu na materię: rozpad alfa, beta plus, beta minus i gamma. To wszystko pokazuje, że "nic nie może przecież wiecznie trwać"⁶.

Bombowe imprezy

Najbardziej spektakularne reakcje atomowe zachodzą w trakcie wybuchu bomby jądrowej. Tutaj pierwsze skojarzenie osób obecnego pokolenia, to zdecydowanie Hiroszima i Nagasaki. Broń atomowa wykorzystuje wewnątrzjądrową energię wydzielaną podczas niekontrolowanej łańcuchowej reakcji rozszczepienia jąder ciężkich pierwiastków takich jak uran, czy pluton. Natomiast

⁵ <https://youtu.be/Ffaylb3n6aQ?t=9s>

⁶ Anna Jantar

bomba wodorowa korzysta z reakcji termojądrowej syntezy lekkich pierwiastków z wodoru, a jej siła wybuchu jest znacznie większa od broni atomowej. To właśnie ta niekontrolowana reakcja powoduje, że jest to bardzo niebezpieczna broń o dużej sile rażenia, która jest zdecydowanie większa od tradycyjnych materiałów wybuchowych. Najpotężniejszą bombą jądrową była Car Bomba, której eksplozji dokonał Związek Radziecki na wyspie Nowa Ziemia. Była to dwustopniowa bomba termojądrowa, która miała moc 58 megaton, czyli w przybliżeniu 4000 bomb zrzuconych na Hiroszimę. Gdyby nie zmniejszono jej mocy ze względów bezpieczeństwa, to obszar objęty zniszczeniami, pomimo dużego odosobnienia objąłby nawet większe miasta północnej Rosji, a opad radioaktywny zagroziłby całej Europie. W wyniku detonacji część skalistych wysepek wyparowała, a sam wybuch był odczuwalny na Alasce. Bomby jądrowe niszczą poprzez falę uderzeniową, promieniowanie przenikliwe, promieniowanie ciepłe, impuls elektromagnetyczny i skażenie promieniotwórcze.

"Dziwny jest ten świat"⁷

Mimo iż człowiek wykorzystuje reakcje łańcuchowe w swej skłonności do destrukcji otaczającego go świata, to jednak można wykorzystać je również w dobrym celu. Doskonałym przykładem jest elektrownia jądrowa, która wytwarza energię elektryczną poprzez użycie energii pochodzącej z rozszczepienia jąder atomowych-najczęściej uranu. Dzięki różnicy budowy reaktora oraz różnic zastosowanych w materiałach rozszczepialnych nie może ona wybuchnąć jak bomba atomowa. Ponadto reaktor nie jest zbudowany pod kątem najgwałtowniejszego zajścia reakcji, ale jej długotrwałej efektywności. Można by zawołać za Czesławem Niemenem, że dziwny jest ten świat, skoro ten sam człowiek potrafi niszczyć i tworzyć korzystając z tej samej przemiany.

Gdyby⁸

W życiu codziennym reakcje łańcuchowe spotyka się najczęściej jako odmianę wszelkich rodzajów łańcuszków. Ich najczęstsza zasada to "wyślij do iluś osób, bo w przeciwnym wypadku wydarzy się nieszczęście". Niestety są one dość popularne. Wystarczy, że parę osób podejmie tę akcję i włącza się w to coraz większe grono ich znajomych, co powoduje lawinowy wzrost liczby osób biorących w tym udział. Wielu hakerów wykorzystuje to zjawisko, by wysyłać w ten sposób wirusa. Dość podobny schemat widać w działaniu plotki, ponieważ usłyszaną plotkę rzadko kiedy przekazujemy tylko jednej osobie. W tym momencie można by było popaść w pesymizm odnośnie tak prymitywnego wykorzystania reakcji łańcuchowych w życiu codziennym. Na szczęście nadzieję w ludzkość przywracają projekty, które również bazują na tego typu reakcjach służące dobrym inicjatywom. Jednym z najbardziej znanych jest projekt wykorzystany w filmie "Podaj dalej"⁹. Główny bohater, dwunastoletni Trevor, jest samotnie wychowywany przez uzależnioną od alkoholu, pracującą na dwie zmiany matkę. Pod wpływem nauczyciela idealisty, który jako zadanie domowe każe mu wymyślić projekt, który rzeczywiście zmieni świat, chłopiec wpada na utopijny pomysł. Jego idea polega na tym, by pomóc bezinteresownie trzem osobom w jakiejś ważnej dla nich sprawie, której nie są w stanie osiągnąć samodzielnie. W zamian te osoby z kolei mają pomóc kolejnym trzem i tak dalej. W ten sposób powstaje "podaj dalej". Akcja bazująca na reakcji łańcuchowej rozprzestrzenia się na cały świat skłaniając ludzi do tak niespodziewanych czynów jak oddanie

⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=wTjLZwpmufw>

⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=4htCnGZLPvw>

⁹ "Pay it Forward" Mimi Leder

potrzebującemu jaguara, zaproszenie bezdomnego na obiad, uratowanie kobiety przed samobójstwem, czy poprzez narażenie się na aresztowanie uratowanie życia nastolatce. Można zauważyć, że na bazie jednej reakcji można uczynić wiele dobra, bo w reakcjach łańcuchowych drzemie ogromny potencjał. Przy minimalnym wysiłku powstają ogromne dzieła. W ten sposób widać, że fizyka ma wpływ na nasze codzienne życie, decyzje, które podejmujemy, otaczający nas świat, a tylko od nas zależy, czy będziemy go niszczyć, czy stwarzać coraz lepszym i piękniejszym, dlatego warto być świadomym działania tego typu mechanizmów.

BIBLIOGRAFIA

http://www.ichtj.waw.pl/ichtj/general/documents/reakcje_jadrowe.pdf

https://pl.wikipedia.org/wiki/Reakcja_j%C4%85drowa

<http://naukatolubie.pl/>

<http://www.if.pw.edu.pl/~pluta/pl/dyd/mfj/wyklad/w1/segment5/main.htm>

http://fizyczna.chem.pg.edu.pl/documents/175260/14212622/chf_tch_i_wykl_020c.pdf

<http://encyklopedia.pwn.pl/haslo/bron-jadrowa;3880958.html>

Randall Munroe "What if?" Wydawnictwo Czarna Owca, Warszawa 2015

https://pl.wikipedia.org/wiki/Elektrownia_j%C4%85drowa