

POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Ze szkolnej fizyki wiadomo, że własności materiałów dielektrycznych odgrywają znaczącą rolę w analizie i zrozumieniu natury różnych zjawisk elektromagnetycznych. Klasycznym, znanym od czasów Faradaya, przykładem jest tu zmiana (wzrost) pojemności kondensatora przy wypełnieniu go dielektrykiem, które to zjawisko ma mnóstwo zastosowań praktycznych, np. umożliwia funkcjonowanie sprzętu elektronicznego. Ten elementarny przykład nie wyczerpuje w żadnej mierze zastosowań materiałów dielektrycznych – mogą one służyć magazynowaniu energii dostarczanej przez pole elektryczne oraz jej uwalnianiu; na dodatek taki cykl można powtarzać wielokrotnie. Zjawisko to, z racji ogromu zastosowań, jest przedmiotem intensywnych badań także obecnie. Uzyskanie wyczerpujących informacji na temat własności dielektryków nie jest zadaniem prostym i wymaga znajomości ich własności fizycznych, w szczególności tzw. przenikalności dielektrycznej określającej zdolność dielektryka do spolaryzowania, tzn. do powstania różnicy pomiędzy wnikającym do dielektryka polem elektrycznym E , a wywołanym przezeń we wnętrzu dielektryka polem indukcji D . Polaryzacja nie jest zjawiskiem trwałym, może się zmieniać i w szczególności zanikać, tak pod wpływem zewnętrznych pól elektrycznych, jak samorzutnie, na skutek zjawisk zachodzących w samym dielektryku. Okazuje się także, że przenikalność dielektryczna może zależeć od częstości pola wywołującego polaryzację, efekt ten ma związek z występującymi w dielektryku niejednorodnościami, np. z jego złożoną budową molekularną. Przedmiotem naszych badań jest konstrukcja modelu matematycznego pozwalającego odtworzyć zależność przenikalności dielektrycznej od częstości pola elektrycznego w zakresie wysokich jego częstości, 10^5 - 10^{10} Hz, a następnie użycie tego modelu dla wyjaśnienia pewnych własności badanych substancji. Inspiracją do podjęcia naszych badań są dwie obserwacje. Pierwsza to założenie, że jeżeli poszczególne centra w próbce relaksują zgodnie z wykładniczymi prawami Debye'a (analogicznymi do prawa rozpadu promieniotwórczego) o różnych czasach charakterystycznych, to obserwowany sygnał będzie ich „wypadkową”, matematycznie określoną jako tzw. suma ważona, gdzie „waga” przedstawia prawdopodobieństwo znalezienia w próbce elementu(-ów) o określonym czasie charakterystycznym. Postać prawa Debye'a implikuje, że zasada ta matematycznie oznacza tzw. transformatę Laplace'a i jej konsekwencją jest, że jeżeli wiemy jak sygnał zanika w czasie i potrafimy transformatę Laplace'a odwrócić to potrafimy odtworzyć poszukiwany rozkład prawdopodobieństwa, a co za tym idzie dowiedzieć się czegoś o własnościach badanego materiału. Drugą obserwacją jest analogia pomiędzy prawem rządzącym zmianami przenikalności dielektrycznej a prawem opisującym tzw. dyfuzję anomalną, czyli ewolucję podczas której dyfundujące cząstki rozprzestrzeniają się szybciej lub wolniej niż w klasycznym przypadku ruchów Browna. Poważnym problemem wynikającym z tej obserwacji jest iż odpowiednie równania ewolucji nie są już zwykłymi równaniami różniczkowymi, lecz muszą zawierać bardziej złożone obiekty zwane pochodnymi ułamkowymi których działanie na funkcje miesza zwykle różniczkowanie i całkowanie. Pomimo takiej komplikacji ogromną zaletą pochodnych ułamkowych jest to, że można w nich zawrzeć informacje o obowiązującej w układzie pamięci lub związkach pomiędzy częściami układu, czyli korelacjach. Celem jaki stawiamy przed sobą podczas realizacji projektu jest przełożenie tych obserwacji na znacznie bardziej skomplikowany układ fizyczny jakim może być dielektryk. Do jego osiągnięcia konieczne jest wykorzystanie nowych, stale jeszcze mało popularnych wśród fizyków, narzędzi matematycznych jakimi są metody analizy ułamkowej, teoria transformat całkowych i funkcji specjalnych, rachunek operacyjny i inne. Ale ich opis to już zupełnie inna historia...