

Projekt badawczy dotyczy zjawiska tarcia, które jest jednym z najpowszechniej występujących i oddziałujących na nas zjawisk fizycznych. **Tarcie towarzyszy wielu procesom technicznym i biologicznym**, od poruszania się do pracy skomplikowanych urządzeń, w których często powoduje znaczne straty energii i zużycie materiałów. Z tych powodów podstawowa wiedza o tarcu jest w obszarze zainteresowań nie tylko fizyków i inżynierów, ale również chemików, biologów oraz specjalistów wielu innych dziedzin nauki i rodzajów ludzkiej działalności.

Chociaż **tribologia** (gr. *tribo* – tarcie, *logia* – nauka, wiedza), jako nauka o procesach zachodzących na styku ciał stałych będących we względnym ruchu, jest dobrze osadzonym w nauce obszarem badawczym, nadal pozostaje wiele istotnych kwestii do rozstrzygnięcia. Jedną z nich jest zależność siły tarcia od wzajemnej prędkości poślizgu ciał będących w kontakcie. Zgodnie z prawem Coulomba dla tarcia, siła tarcia kinetycznego nie zależy od prędkości poślizgu. Jednak współczesne badania, zarówno eksperymentalne jak i teoretyczne, wskazują na istotną, choć zróżnicowaną zależność. Związane jest to z olbrzymią złożonością zjawiska tarcia.

Jeden ze współczesnych, powszechnie przyjętych modeli tarcia zakłada **trzy podstawowe źródła tarcia: deformację stykających się powierzchni, tzw. efekt „stick-slip” (zlepianie-poślizg) oraz adhezję pomiędzy stykającymi się powierzchniami**. Poszczególne przyczynki do całkowitej siły tarcia w różny sposób zależą od prędkości poślizgu lub przyjmuje się, że są niezależne. Na przykład, dla efektu „stick-slip” oraz plastycznej deformacji zaobserwowano wzrost siły tarcia z prędkością poślizgu. Pierwszy z efektów szczegółowo opisuje **model Prandtla-Tomlinsona**. W przypadku tarcia mokrego (z udziałem warstwy wody lub innej cieczy), zależność siły tarcia od prędkości poślizgu (a także od ciśnienia kontaktowego i lepkości cieczy), opisywana jest tzw. **krzywą Stribecka**. Natomiast dla suchego tarcia adhezyjnego, wynikającego zasadniczo z oddziaływań van der Waalsa i elektrostatycznych, nie przewiduje się zależności od prędkości poślizgu.

Jednak badania naszej grupy z ostatnich lat wskazują, że siła suchej adhezji, pochodząca głównie od oddziaływań van der Waalsa, znacząco zależy od prędkości separacji. Na podstawie wyników tych badań **sformułowaliśmy hipotezę, iż składnik siły tarcia pochodzący od suchej adhezji powinien w pewnym stopniu odzwierciedlać zależność siły suchej adhezji od prędkości separacji**. W celu weryfikacji tej hipotezy, planujemy przeprowadzić serie eksperymentów na hydrofobowych powierzchniach nanowarstw, za pomocą specjalnie w tym celu skonstruowanego układu pomiarowego, którego głównymi elementami będą: mikroskop sił atomowych (AFM) pracujący w trybie pomiaru sił bocznych oraz jednoosiowy piezoelektryczny element o wysokiej częstotliwości pracy z dedykowanym wzmacniaczem mocy. Układ pomiarowy powinien zapewnić osiągnięcie prędkości poślizgu o 2-3 rzędy wielkości większej niż osiągalna w standardowym AFM. Eksperymenty prowadzone będą w nanoskali, co umożliwi ściśle kontrolowanie rodzaju oddziaływań pomiędzy ślizgającymi się powierzchniami i ograniczenie ich do suchych oddziaływań adhezyjnych. W celu ograniczenia wpływu efektu „stick-slip”, pomiary wykonywane będą przy bliskich zera lub nawet ujemnych wartościach obciążenia oddziałujących ciał, co będzie stanowiło dodatkowe wyzwanie, ale będzie możliwe dzięki wykorzystaniu odpowiednio czułych mikroelektronów AFM. Dodatkowo do pomiarów eksperymentalnych planujemy wykonać **serie symulacji metodami nierównowagowej dynamiki molekularnej**, w celu uzyskania dodatkowych informacji dotyczących nanotarcia, szczególnie dla zakresu wysokich prędkości poślizgu (>1 mm/s). Oprócz wyznaczenia zależności siły suchego tarcia adhezyjnego od prędkości poślizgu i ustalenia stopnia korelacji z siłą suchej adhezji, **celem projektu jest również rozszerzenie obecnych modeli teoretycznych tarcia o kinetyczny składnik pochodzący od suchej adhezji**.

Realizacja projektu nie tylko pozwoli lepiej zrozumieć rolę adhezji w zjawisku tarcia, ale wpłynie również na projektowanie urządzeń mechanicznych oraz materiałów o żądanych właściwościach ciernych, dostarczając teoretycznych narzędzi do przewidywania wartości siły tarcia w zależności od obciążenia i wzajemnej prędkości współpracujących elementów. Jest to szczególnie istotne w skali mikro- i nanometrowej, w której ze względu na duży stosunek powierzchni do objętości, adhezja oraz suche tarcie adhezyjne stają się podstawowymi zjawiskami determinującymi przebieg złożonych procesów. Przykładem może być sposób poruszania się gekona, którego układ motoryczno-adhezyjny, wykorzystujący m.in. oddziaływania van der Waalsa, umożliwia poruszanie się jaszczurki po gładkich powierzchniach ścian i sufitów, a także praca urządzeń mikro- i nanoelektromechanicznych, takich jak mikroczujniki akceleratorowe instalowane w smartfonach czy poduszkach powietrznych.