

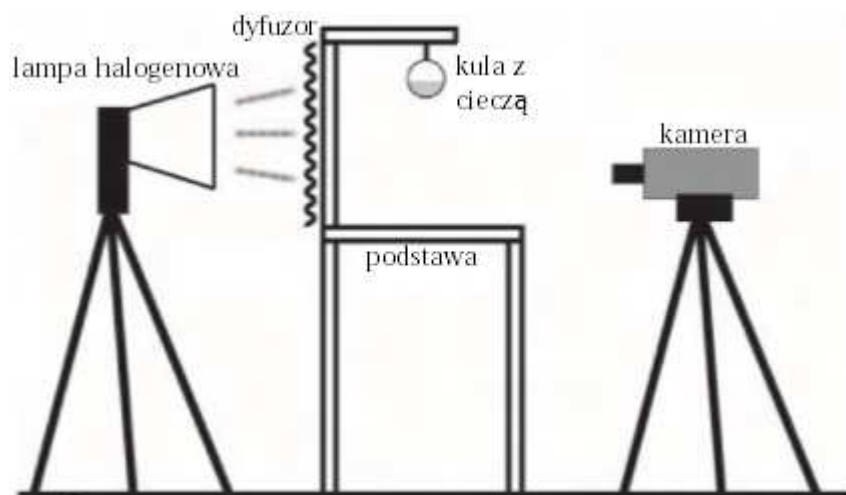
3. Odbijająca się piłka

Treść problemu:

Upuszczona piłeczka pingpongowa odbija się od podłoża, na które pada. Charakter tego zjawiska zmienia się, gdy w piłeczce znajduje się ciecz. Zbadaj, jak charakter zderzeń zależy od ilości cieczy wewnątrz piłki oraz innych istotnych parametrów.

Wstęp:

Chłupanie jest bardzo częstym zjawiskiem, które spotykamy na co dzień. Za każdym razem, kiedy płyn zawarty jest w danym pojemniku, istnieje prawdopodobieństwo chlupania. W niektórych przypadkach, takich jak samochody ciężarowe i statki, chlupanie płynu może powodować niestabilność, a nawet doprowadzić do katastrofalnych rezultatów. W tym badaniu, szybkie przechwytywanie obrazu zostało wykorzystane do uwiecznienia ruchu płynu, w celu zrozumienia jego wpływu na odbicia częściowo wypełnionych, sprężystych kulek.



Rys. 1 Zestaw do przeprowadzenia eksperymentu.

Doświadczenie:

W celu uzyskania wysokiej jakości zdjęć, wykorzystano aluminiową ramę oraz akrylową podstawę. Lampy halogenowe zostały skierowane na dyfuzor i wykorzystane w celu zapewnienia niezbędnych podświetleń. Piłeczki pingpongowe zostały zastąpione przezroczystymi kulami, by móc obserwować znajdującą się w nich ciecz. Każda kula była zawieszona nad podstawą tak długo, aż ciecz znajdująca się w niej stała się spokojna i nieruchoma. Potem, kula była puszczana, a jej ruch monitorowany przez kamerę:



Rys.2 Reakcja cieczy na pierwsze i drugie odbicie. Woda a) ciecz wędruje ku górze, d) formują się duże tryśnięcia. Alkohol b) formują się pierścienie z cieczy, e) chaotyczny ruch. Gliceryna c) ciecz wędruje w jedną stronę, f) wykonuje ruchy po okręgu kuli.

Wyniki:

Jednym z bardziej interesujących wyników był fakt, jak bardzo ruch płynu w kuli zależy od poszczególnych parametrów danej cieczy. Podczas pierwszego odbicia kuli z wodą, ciecz rozlała się po bokach zostawiając pusty środek (Rys.2a). Po drugim odbiciu ciecz z impetem uderzyła w środkowej części kuli (Rys.2d). Po pierwszym odbiciu kuli z alkoholem z cieczy uformował się pusty pierścień (Rys.2b), który przemienił się w chaotyczne przelewanie po drugim odbiciu (Rys.2e). Po pierwszym odbiciu kuli z gliceryną, ciecz przemieściła się na bok, jednak nie na dużą wysokość (Rys.2c). Po drugim

odbiciu płyn spadł i zaczął krążyć po okręgu kuli (Rys.2f).

Podczas doświadczenia gęstości oraz lepkości cieczy były zróżnicowane, lecz nie było różnicy między charakterami tłumienia odbicia. Odbicie było zależne od tego, ile płynu zostało wlane do kuli. To sugeruje, że ilość wlanej cieczy ma większy wpływ na odbicia kuli niż rodzaj owej cieczy.

W środku sprężystej kuli wypełnionej w 10% swojej objętości wodą, pierwsze odbicie tworzy osiowosymetryczny spadek powierzchni wody, który tworzy rozbryzg po drugim odbiciu.

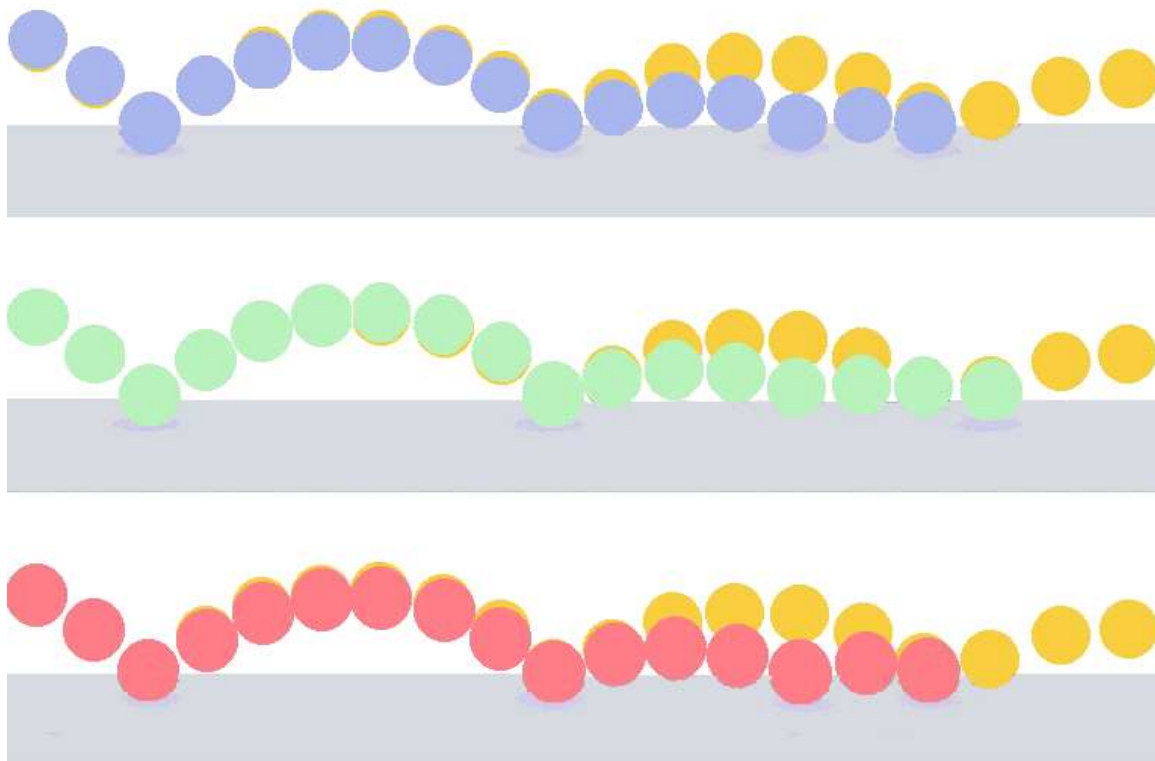


Rys.3 Strumień cieczy przemieszczający się w kuli, który uderza w górną półkulę.

Kiedy użyjemy cieczy o mniejszej lepkości, na przykład alkoholu, pierwsze odbicie tworzy promieniście symetryczny strumień z wgłębieniem na środku. Strumień wznosi się ku górze skupiając się dotkawszy górnej półkuli. Jego promień maleje, dopóki ciecz na górze nie zderzy się, aby potem stworzyć dwa mniejsze strumienie. Jeden, który uderza w górną półkulę i drugi, który zstępuje przez wolną przestrzeń (Rys.4).



Rys.4 Ciecz dzieląca się na dwa strumienie.



Rys.5 a) kule częściowo wypełnione różnymi cieczami. b) ruch pustej kuli (pomarańczowa).

Trzy częściowo wypełnione kule ukazały niemal takie samo zachowanie podczas odbijania, pomimo różnic w rodzajach cieczy. Każda kula wypełniona w 20% swojej objętości cieczą upuszczona z wysokości 20 cm jest porównana z pustą kulą (Rys.5b). Niebieska kula z Rys.5 jest wypełniona wodą, zielona kula jest wypełniona alkoholem, a różową kulę wypełnia gliceryna. Każda ciecz inaczej reaguje na uderzenie.

Wnioski:

Zarówno analiza teoretyczna, obserwacje oraz pomiary potwierdziły wpływ rozważanych przez nas czynników na przebieg doświadczenia. Istotnymi parametrami warunkującymi zjawisko okazała się ilość cieczy w kulach. Wiemy, że najlepiej odbijają się piłki wypełnione w 20 % lub 30% swojej objętości.

Bibliografia:

Klaus, Robert Rebound, Faculty Mentor: Tadd Truscott, Mechanical Engineering, Suppression of a partially filled sphere

Robert Klaus, Taylor Killian & Tadd Truscott, Brigham Young University, Sphere Rebound-Suppression from Sloshing

en.wikipedia.org/wiki/Coefficient_of_restitution

W. Goldsmith, V.H. Kenner. Impact on a simple physical model of the head. J. Biomechanics 6, 1, 1-11 (1973)

A. A. Lakis, S. Neagu. Free Surface Ace Effects on the Dynamics of Cylindrical shells Partially Filled With Liquid. J. Sound Vibrations 2007, 2, 23, 175-205 (1997)

Godło drużyny: gamma3000

Wiktoria Kucharska

Karolina Kucharska

Aleksander Poławski