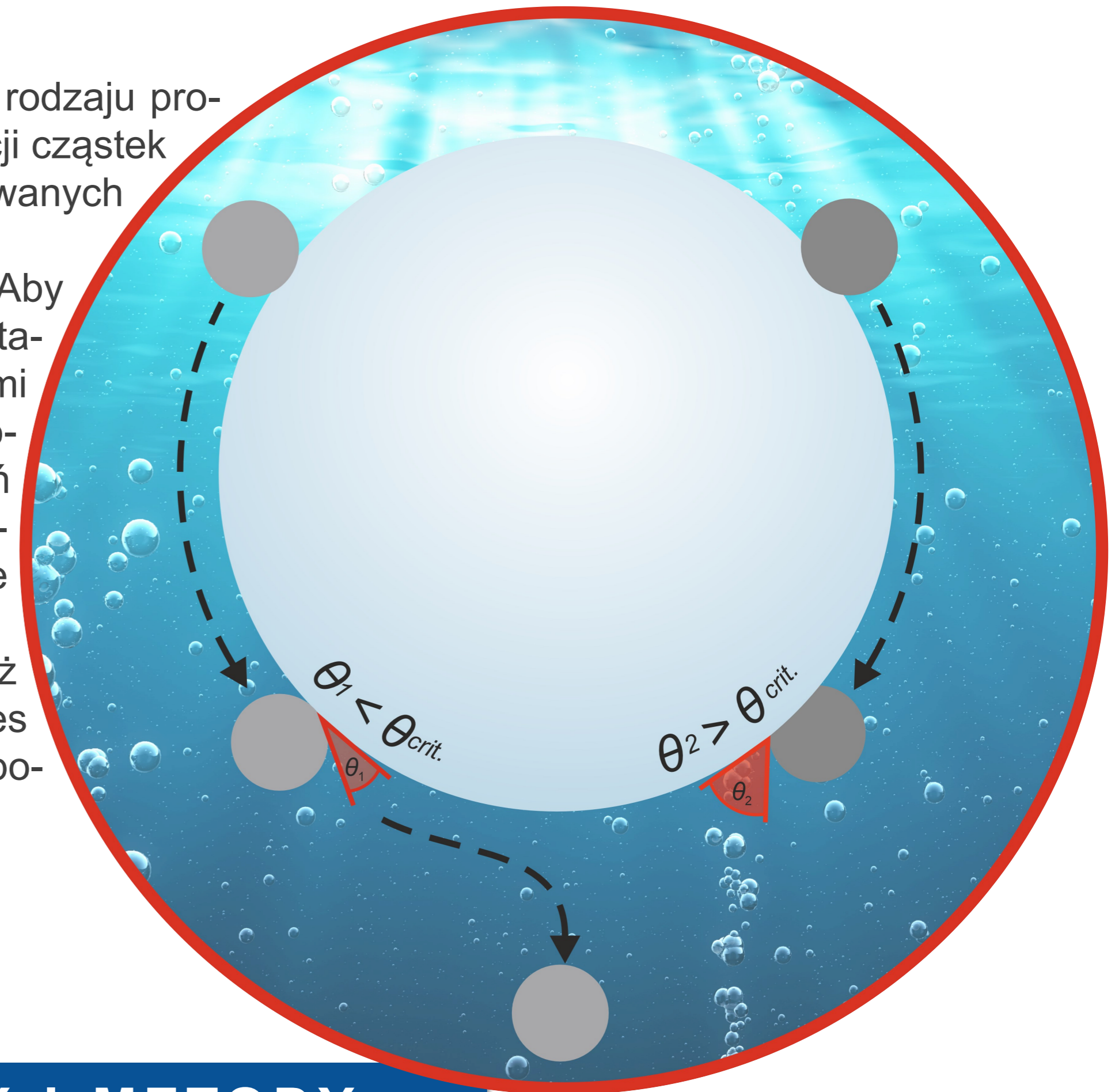


WPROWADZENIE

Oddziaływania pęcherzyków gazu z cząstkami ciała stałego stanowią kluczowy aspekt wielu różnego rodzaju procesów. Takim procesem jest flotacja, w której to pęcherzyki wykorzystywane są do selektywnej separacji cząstek zawieszonych w cieczy. Mechanizm separacji oparty jest o różnicę w zwilżalności powierzchni separowanych materiałów, czyli ich hydrofobowości.

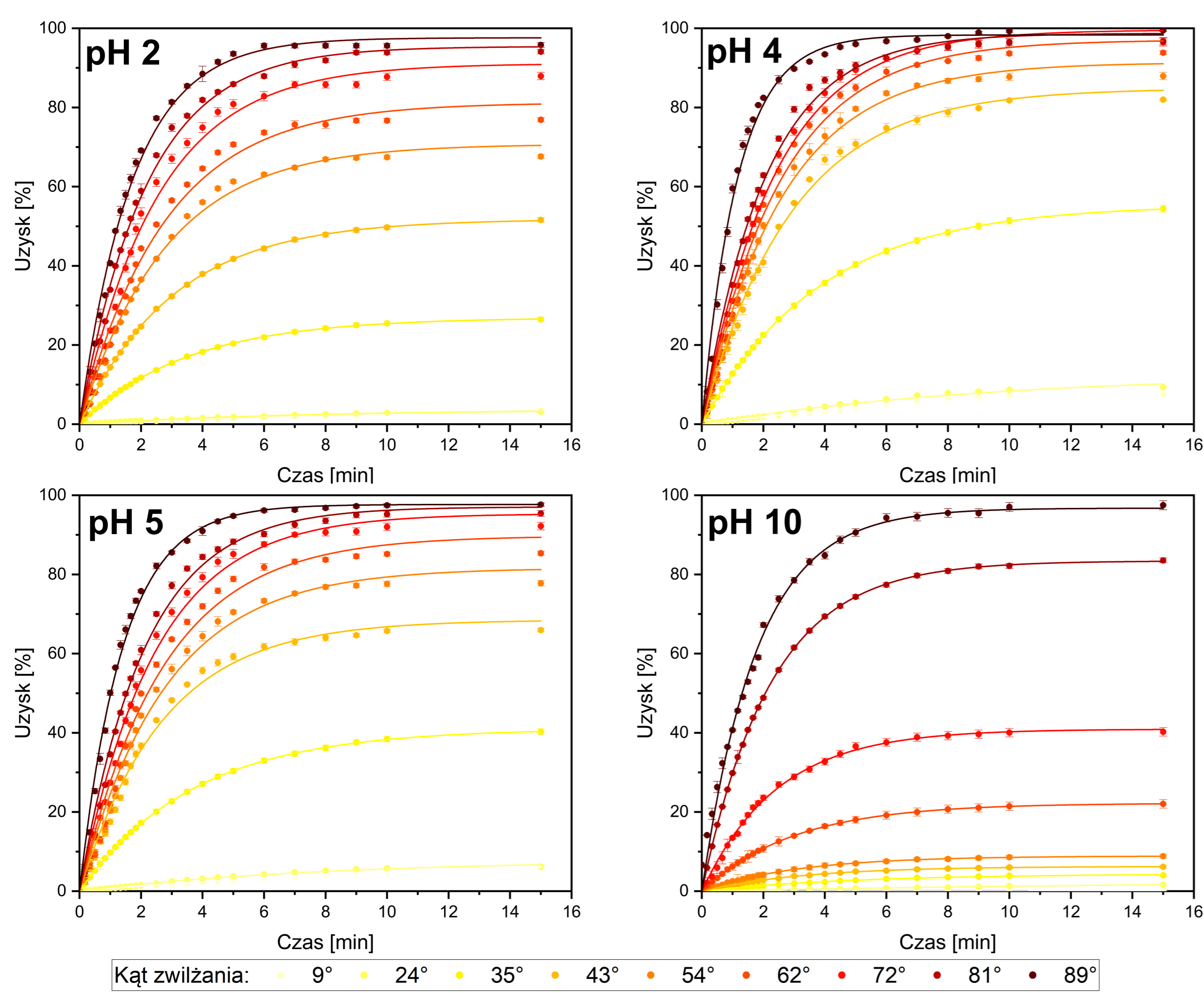
Kluczowym etapem procesu flotacji jest przyłączenie się cząstki ciała stałego do pęcherzyka gazu. Aby doszło do skutecznego przyłączenia, cienki film cieczy rozdzielający te obiekty, musi ulec zerwaniu. Stabilność tego filmu determinują odpychające siły elektrostatyczne oddziałujące pomiędzy powierzchniami pęcherzyka i cząstki. Znaczenie tych stabilizujących sił maleje wraz ze wzrostem hydrofobowości powierzchni ciała stałego (wyrażanej poprzez wartość kąta zwilżania; θ), będącej źródłem oddziaływań hydrofobowych. Aby zerwanie filmu i przyłączenie cząstki do pęcherzyka mogło nastąpić, siły przyciągania hydrofobowego muszą przeważać nad odpychającymi siłami elektrostatycznymi. Ma to miejsce wtedy, gdy wartość kąta zwilżania powierzchni cząstki przekroczy wartość krytyczną ($\theta_{crit.}$)

Zjawiska leżące u podstaw tego procesu nadal nie są w pełni poznane i zrozumiane. Dlatego też w pracy podjęto próbę wyjaśnienia wpływu parametru, jakim jest hydrofobowość ciała stałego na proces przyłączenia się cząstek do pęcherzyków, dodatkowo rozpatrując wpływ potencjału dzeta tych powierzchni.



WYNIKI

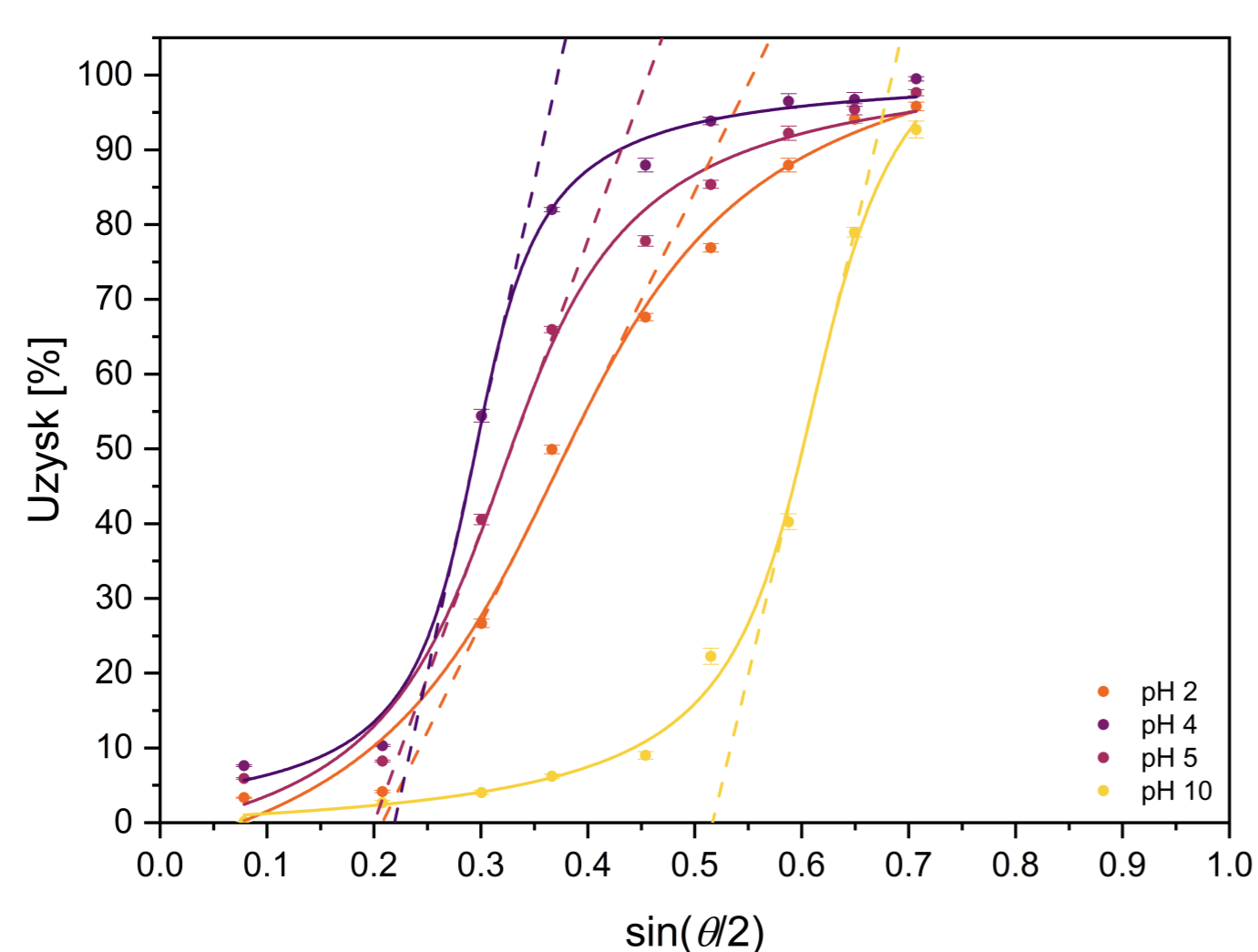
Rysunek 1 przedstawia zależność między uzyskiem (procentem masy wyflotowanych cząstek) a czasem trwania flotacji mikrosfer o różnej hydrofobowości w 1 mM roztworze KCl przy różnych wartościach pH.



Rys. 1. Zależność uzysku mikrokulek szklanych od czasu flotacji.

Linie ciągłe stanowią dopasowanie modelu kinetyki flotacji pierwszego rzędu.

Na podstawie otrzymanych wyników wykreślono zależność uzysku w funkcji sinus połowiczego kąta zwilżania, co pozwoliło na wyznaczenie wartości krytycznego kąta zwilżania (rys. 2.).



Rys. 2. Zależność końcowego uzysku flotacyjnego od $\sin(\theta/2)$.

Linie kreskowe, będące styczną do wykresu funkcji w punkcie przegięcia, wyznaczają na osi odciętych wartość krytycznego kąta zwilżania.

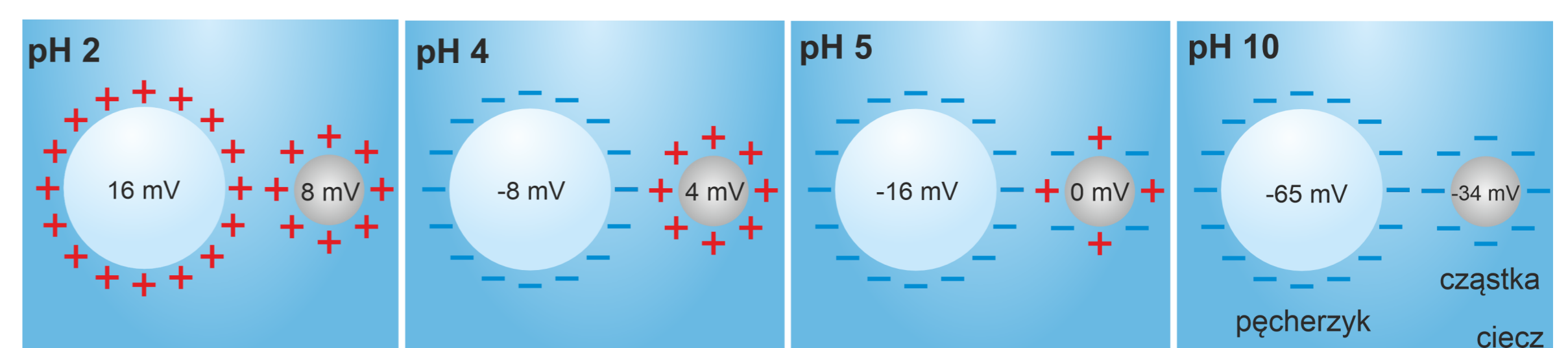
MATERIAŁY I METODY

Jako modelowe ciało stałe wykorzystano mikrokulki szklane SWARCOFORCE 70–110 μm (SWARCO VESTGLAS GmbH, Niemcy).

Zwilżalność powierzchni mikrokulek zmodyfikowano poprzez estryfikację n-alkoholami o długości łańcucha węglowego w zakresie C₂-C₁₀ [1]. Do wyznaczenia wartości kąta zwilżania wykorzystano metodę wzniesienia kapilarnego [2].

Flotację 1,0 g materiału prowadzono w zmodyfikowanym wielopęcherzykowym flotowniku Hallimonda o objętości 250 cm³ przy przepływie powietrza wynoszącym 25 cm³·min⁻¹.

Dodatkowo w badanych układach zmiennym parametrem procesu było również pH 1 mM roztworu KCl, które determinowało wielkość potencjału elektrokinetycznego pęcherzyka i ciała stałego (rys. 3.), a przez to także siłę oddziaływań elektrostatycznych między tymi obiektami. Wartość potencjału dla mikrokulek oszacowano na podstawie pomiarów przeprowadzonych dla identycznie zmodyfikowanych płaskich powierzchni szklanych [1]. W przypadku pęcherzyka wykorzystano dane literaturowe [3].



Rys. 3. Schematyczna ilustracja warunków prowadzenia procesu wraz ze średnimi wartościami potencjału dzeta pęcherzyków i cząstek.

PODSUMOWANIE

- Widoczne są wyraźne zależności uzysku końcowego flotacji od wartości kąta zwilżania mikrosfer oraz pH roztworu.
- Zależności te potwierdzają istnienie krytycznego kąta zwilżania ($\theta_{crit.}$), którego przekroczenie jest niezbędne do tego, aby ciało stałe uległo flotacji.
- Jest to efektem zwiększającej się, wraz ze wzrostem hydrofobowości, wielkości przyciągających oddziaływań hydrofobowych, które w efekcie przyczyniają się do łatwiejszego zerwania cienkiego filmu cieczy pomiędzy pęcherzykiem a cząstką.
- Po przekroczeniu wartości $\theta_{crit.}$ następuje gwałtowny wzrost uzysku flotacyjnego wraz z rosnącym kątem zwilżania cząstek. Uzysk na poziomie 50% osiągnąć już dla kątów zwilżania większych o 10–16° od $\theta_{crit.}$
- Dla układów w pH 2–5, a więc tych gdzie układ potencjałów dzeta wskazywał na niewielką siłę oddziaływań elektrostatycznych, $\theta_{crit.}$ wyniósł 23–25°.
- Natomiast w przypadku obecności silnych odpychających oddziaływań elektrostatycznych (pH 10) kąt ten okazał się znacząco większy – jego wartość wyniosła aż 63°.

PODZIĘKOWANIA



NARODOWE CENTRUM NAUKI

Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach grantu PRELUDIUM 17 nr 2019/33/N/ST8/03026.

LITERATURA

- Kruszelnicki M., Polowczyk I., Kowalczyk P.B., 2021, *Control of glass surface wettability via esterification with n-alkyl alcohols*, Physicochemical Problems of Mineral Processing, 58, 145147.
- Polowczyk I., Bastrzyk A., Koźlecki T., Sadowski Z., 2014, *Characterization of Glass Beads Surface Modified with Ionic Surfactants*, Separation Science and Technology, 49:11, 1768-1774.
- Elmahdy, A.M., Mirzazami, M., Finch, J.A., 2008, *Zeta potential of air bubbles in presence of frothers*. Int J Miner Process 89, 40–43.