

DETERMINING THE ACTIVATION ENERGY IN THE SCHOOL LABORATORY

DETERMINAREA ENERGIEI DE ACTIVARE ÎN LABORATORUL ȘCOLAR

Anita KARLSEN, Ph.D., Teacher

“Henri Coanda” Theoretical High School, Bacau,

“Dumitru Mangeron” Technological High School, Bacau

ORCID ID: 0009-0002-3302-5557

CZU:544.2:542.1

DOI: 10.46727/c.27-28-09-2024.p351-354

Abstract. *The paper presents a laboratory experiment carried out with students, which has been considered inexpensive and with increased visual impact. The goal was to determine the activation energy of the faze separation process in the water-salt-isopropanol system. The experiment uses low-density polyethylene beads to mark the moment of the chemical equilibrium at the interface between brine solution and isopropanol, at different temperatures. The Arrhenius' equation was then used to find the dependence of the separation process on temperature and the determination of the activation energy of this process. A total of six groups of students carried out this experiment in the school laboratory. The experimental data showed linear graphs of the Arrhenius equation with an outcome of prediction of $R^2 = 0.93 \pm 0.03$. The calculated value of the activation energy model was 34.5 ± 2.5 kJ/mol. The reproducibility of the experiment, the simplicity in data collection and analysis and the low cost of the necessary resources makes this laboratory experiment easily adaptable to different education stages from middle school students to high school students, and even to first years of university students.*

Keywords: *activation energy; school lab; scientific investigation.*

Introducere

Implicarea elevilor în experiențe educaționale în laboratorul școlar și-a demonstrat eficacitatea în procesul de învățare când strategia didactică numită Educație Bazată pe Investigare Științifică (IBSE) a fost implementată la disciplina chimie pentru elevi de gimnaziu [1], la disciplina Științe pentru elevi de învățământ primar [2], la disciplina Fizică pentru elevi de ciclul inferior liceal [3]. Mijloace didactice transdisciplinare, precum STEAM și Arduino, au fost utilizate ca instrumente pentru învățarea experiențială a elevilor, așa cum s-a arătat în studiul reacției de neutralizare folosind senzori de temperatură [4], și în studiul procesului de dizolvare folosind programarea în Arduino [5].

Calcularea pe bază de experiment a energiei de activare a unui proces chimic sau fizic este un exercițiu util atât pentru elevii de gimnaziu dar în special pentru elevii în anii terminali ai liceului, oferindu-le astfel o înțelegere aprofundată a modelului lui Arrhenius și a diagramei energiei de activare prin descoperirea următoarelor aspecte: (a) relația dintre temperatură și viteza procesului chimic sau fizic și (b) motivul de ce procesele spontane (cum ar fi combustia) necesită adesea un aport inițial de energie pentru a fi inițiate. Multe experimente pentru laboratorul școlar sunt concepute pentru a determina energia de activare a reacțiilor chimice folosind instrumente precum spectroscopia, cromatografia, titrimetria, calorimetria, și alte experimente creative, ce dau rezultate consistente, dar adesea necesită utilizarea unor echipamente scumpe. Această lucrare descrie un experiment de laborator pentru determinarea energiei de activare a unui proces fizic mai ieftin și care necesită o durată mai scurtă de timp decât celelalte metode menționate. În plus experimentul din această lucrare prezintă un impact vizual crescut pentru elevi și le oferă acestora o metodă didactică eficientă și antrenantă prin faptul că este facilitată observarea eficientă a efectului temperaturii asupra vitezei unui proces fizic, chiar dacă valoarea numerică obținută pentru energia de activare nu este obținută automat sau computerizat. În plus, acest exercițiu de laborator oferă

profesorilor posibilitatea de a remedia procesul de învățare a conceptului de densitate (clasa a VII-a) și de a spori înțelegerea elevilor de liceu despre emulsii și forțe intermoleculare (clasa a IX-a).

Experimentul de laborator descris în această lucrare provoacă abilitățile elevilor de a prepara o emulsie lichidă între alcool izopropilic 99% (IPA) și o soluție apoasă de clorură de sodiu ($\text{NaCl}_{(aq)}$ 18 wt.%) și apoi cronometrarea duratei până când amestecul se demulsionează (adică se separă în două faze lichide distincte), variabila fiind doar temperatura procesului de emulsificare-demulsificare. Procesul fizic este observat prin plasarea în amestec a unor mărgelile de polietilenă de joasă densitate, care, datorită densității lor mai mici decât cea a emulsiei, se interpun între cele două faze separate IPA și $\text{NaCl}_{(aq)}$; prin urmare, mărgelile se ridică în partea superioară a emulsiei și apoi se așază la interfață atunci când amestecul se demulsifică, așa cum este ilustrat în Figura 1. Viteza de demulsificare la fiecare temperatură este utilizată pentru a calcula energia de activare (E_a) a acestui proces fizic.

Materiale necesare și modul de lucru în laboratorul școlar

O eprubetă din material plastic prevăzută cu dop filetat, de capacitate de 50 mL, are funcționalitatea și dimensiunile adecvate pentru experimentul nostru. După clătirea eprubetei cu 99% izopropanol și apoi cu apă, elevii plasează 10 mL de lichid 99% izopropanol (densitate de 0,79 g/ml) și 10 mL dintr-o soluție de saramură în prealabil preparată din clorură de sodiu și apă (concentrație procentuală de masă 18%, și densitate de 1,13 g/mL). Elevii vor obține două faze lichide separate, și anume faza nepolară constând din izopropanol și faza apoasă polară care conține clorură de sodiu. Clorura de sodiu crește atât densitatea cât și polaritatea fazei apoase în raport cu apa distilată. Amestecul este agitat manual și apoi lăsat să se separe, un ciclu de lucru repetat de cel puțin cinci ori consecutiv, astfel se evită ca cele două faze lichide nemiscibile să fie complet separate după a cincea agitare. Agitarea amestecului asigură ca densitatea fiecărei faze să rămână neschimbată pe tot parcursul experimentului. Odată ce amestecul de faze este stabilit, la fiecare eprubetă se adaugă cinci mărgelile de polietilenă de joasă densitate (densitate de 0,92-0,94 g/mL). Mărgelile de polietilenă sunt folosite pentru a observa cu ușurință procesul de separare a fazelor, procesul de demulsifiere. În timpul agitării eprubetei, mărgelile se ridică la faza superioară a amestecului, iar pe măsură ce fazele amestecului se separă, mărgelile se interpun la interfața dintre cele două faze. Elevii înregistrează timpul necesar pentru ca amestecul să prezinte cele două faze complet separate, variindu-se temperatura. Valorile temperaturii pe care elevii le-au obținut cu ajutorul unui termometru digital ieftin au fost următoarele: temperatura ambientală, 5°C sub temperatura ambientală, și 5, 10 și respectiv 15°C peste temperatura ambientală. Pentru a controla temperatura procesului a fost folosită o baie de apă cu gheață și apă caldă, iar eprubetele au fost plasate după fiecare agitare monitorizând continuu temperatura amestecului până când valoarea dorită de temperatură a fost atinsă. Elevii manipulează amestecul la fiecare nivel de temperatură prin răsturnarea ușoară a eprubetei de mai multe ori pentru a evita formarea unei emulsii stabile care ar necesita o durată prea lungă pentru a fi separată. Timpul de separare în două cele două faze stabile a fost cronometrat cu telefonul mobil al elevilor.

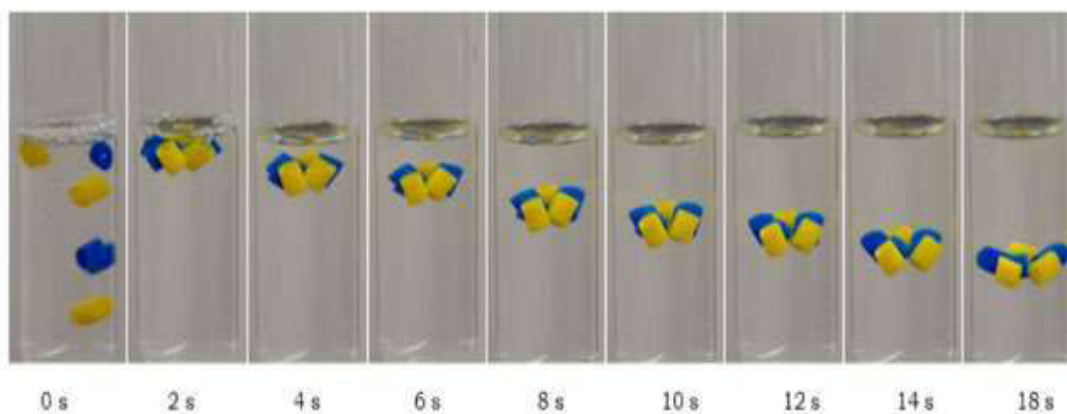


Figura 1: Observațiile experimentale ale elevilor pentru procesul de emulsionare-demulsionare pentru sistemul apă-sare-izopropanol la temperatura ambientală.

Figura 1 arată ceea ce elevii observă în timpul desfășurării acestui experiment. Mărgelele de polietilenă sunt mai dense decât izopropanolul, dar mai puțin dense decât soluția apoasă de clorură de sodiu și decât emulsia de saramură-izopropanol. Imaginea luată la timpul „0 s” (momentul inițial) arată acțiunea mărgelilor la încetarea procesului de agitare, moment în care mărgelile se ridică la suprafața amestecului. Mărgelele se adună și rămân în partea superioară a emulsiei până când practic începe procesul de separare a fazelor (demulsifiere), așa cum se arată în imaginea luată la momentul două secunde „2 s”. După 2 secunde, amestecul începe să se separe iar mărgelile încep să coboare la interfața de separare între cele două faze lichide, așa cum se arată în momentul de 4 secunde „4 s”. Pe durata acestui proces, soluția de saramură cu densitatea mai mare coboară în partea inferioară a eprubetei, iar izopropanolul cu densitate mai mică se separă în partea de superioară a eprubetei. Fenomen de separare începe la momentul de 4 secunde și continuă până la momentul de 18 secunde (vezi Figura 1), când procesul de separare atinge o stare de echilibru termodinamic a sistemului chimic. Această stare de echilibru poate fi foarte ușor observată și identificată de către elevi prin faptul că mărgelile rămân în repaus la interfață.

Experimentul este repetat de către elevi la diferite temperaturi, folosind o baie de gheață și de apă caldă (fără capac) prevăzută cu termometru. Amestecul este agitat și temperatura amestecului monitorizată până când s-a atins valoarea dorită. Se îndepărtează eprubeta din baie și se efectuează trei răsuciri consecutive de emulsificare și demulsificare. Acest mod de lucru aproximează ca temperatura să rămână relativ constantă pe parcursul a celor trei cicluri de emulsificare-demulsificare. Pentru a îmbunătăți acest experiment, elevii ar putea să măsoare temperatura amestecului atât înainte cât și după efectuarea celor trei cicluri și să înregistreze media acestor două valori ale temperaturii măsurate. În cazul în care se lucrează cu elevi de gimnaziu, investigația științifică se poate limita la realizarea experimentului și la formularea de concluzii calitative despre efectul temperaturii asupra procesului de separare a amestecului saramură-izopropanol. În cazul în care se lucrează cu elevi de liceu, investigația științifică se extinde la colectarea datelor experimentale, calcularea energiei de activare a procesului, trasarea graficelor necesare, și formularea concluziilor asupra ipotezei inițiale. Descrierea completă a investigației propusă a fi desfășurată în laboratorul școlar este furnizată elevilor ca informație de sprijin sub forma unei fișe experimentale.

Rezultatele experimentale

Figura 2 prezintă graficul datelor obținute experimental de către cele 36 grupe de elevi. Energia de activare a fost determinată din panta dreptei logaritmul natural al vitezei de reacție și inversa temperaturii procesului de separare a celor două faze ale sistemului apă-sare-izopropanol. Procesul are ordinul de reacție egal cu zero. Coeficientul de determinare în analiza de regresie, regresia pătratică, a avut o valoare de 0,98.

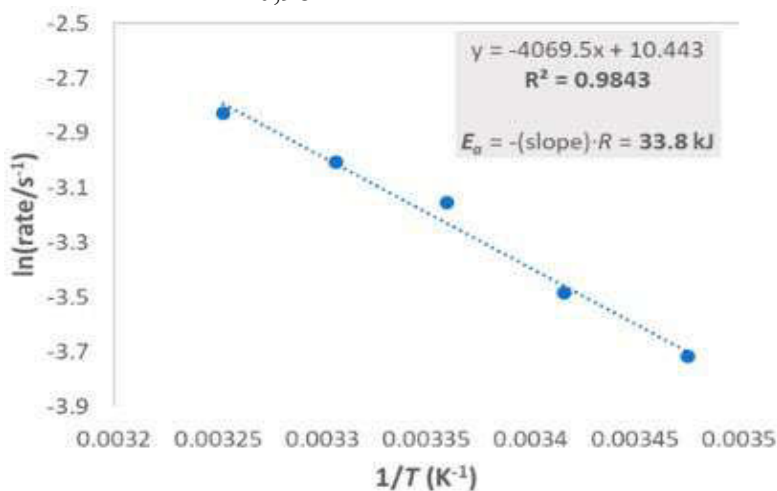


Figura 2: Graficul obținut în urma colectării și analiza ei datelor experimentale, realizat de către elevi în Excel.

Concluzii

Această lucrare prezintă un experiment de laborator școlar captivant, cu impact vizual și costuri reduse, care investighează dependența vitezei unui proces de demulsificare de temperatură

și permite elevilor să calculeze energia de activare a procesului studiat. Elevii efectuează un amestec lichid bifazic de alcool izopropilic și soluție de 18% NaCl (aq) și plasează mărgelile de plastic în eprubete cu dop pentru a identifica cu claritate interfața dintre faze și momentul de echilibru dintre cele două faze formate. Elevii cronometrează cât timp durează ca amestecul să se separe la diferite temperaturi. Datele colectate au fost utilizate pentru a calcula energia de activare a procesului de demulsificare. După finalizarea acestei investigații de laborator, elevii ar trebui să fie capabili pentru următoarele obiective de învățare:

- să explice procesele de emulsie și demulsificare care au loc la nivel molecular;
- să identifice existența unei relații cauză-efect dintre temperatură și viteza unui proces chimic sau fizic;
- să calculeze energia de activare a unui proces folosind ecuația Arrhenius.

Îndeplinirea obiectivelor de învățare de mai sus ar trebui să ofere elevilor o cunoaștere și înțelegere mai concretă a forțelor intermoleculare și a diagramelor de energie de reacție. În mod ideal, acest laborator ar trebui să permită elevilor să facă concluzioneze că ideile teoretice ajută la explicarea fenomenelor observabile în viața cotidiană, cum ar fi de exemplu despre amestecul ulei și apă care se separă în cele din urmă atunci când sunt amestecate și lăsate în repaus, despre fenomenul prin care alimentele perisabile sunt păstrate într-un frigider și de ce este nevoie de o scântee pentru a aprinde un incendiu. Experimentul propus în această lucrare ar putea fi implementate în cadrul cursurilor de chimie generală din primul an de licență și ar putea fi ușor adaptat pentru a fi utilizat la clase de științe de liceu sau chiar gimnaziu. Un total de 36 de grupuri de laborator au efectuat acest experiment și au obținut o energie medie de activare de $34,5 \pm 2,5$ kJ/mol.

Bibliografie:

1. Dumitrescu, C., Olteanu, R. I., Gorghiu, L. M., & Gorghiu, G. (2014). Learning chemistry in frame of integrated science modules - Romanian students perception. *5th World Conference on Psychology, Counseling and Guidance (WCPCG-2014)*, 116, pp. 2516-2520. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.603>. [viewed 2024-07-20].
2. Suduc, A. M., Bizoi, & Gorghiu, G. (2015). Inquiry based science learning in primary education. *6th World Conference on Psychology, Counseling and Guidance (WCPCG-2015)*, 205, pp. 474-479. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.09.044>. [viewed 2024-07.25].
3. Karlsten, A. (2022, iunie 16). Calorimetria aplicată pentru studiul bioenergiei din coji de nucă. *Sesiunea de Comunicări Științifice pentru Studenți, 16 iunie 2022*. Târgoviște: Universitatea „Valahia” din Târgoviște, Facultatea de Științe și Arte.
4. Baerle, I., & Baerle, A. (2023). Studiul efectelor termice de dizolvare și neutralizare: aplicabilitatea pentru predarea și studierea Chimiei. In *Int. Conf. Abordări inter/transdisciplinare în predarea Științelor (concept STEM), ediția a III-a*, pp. 445-450. Retrieved from <https://doi.org/10.1515/cti-2024-0004>. [viewed 2024-06.20].
5. Araújo, J. L., & Morais, C. (2024). *Investigating the influence of temperature on salt solubility in water: a STEM approach with pre-university chemistry students*. Retrieved from <https://doi.org/10.1515/cti-2024-0004>. [viewed 2024-08-22].