



מה חדש
במעצדה

שיטה פשוטה למדידת מקדם השבירה של נוזל

פאול גלוק, מכללת ירושלים להנדסה¹

קיימות שיטות רבות למדידת מקדם השבירה n של נוזל, מהן פשוטות ומהן מתוחכמות. אנו רוצים להציג כאן ניסוי למדידת n , המבוסס על העובדה שמוט השקוע בנוזל בתוך כלי קיבול ייראה "שבור" כאשר מסתכלים עליו בזווית מסוימת. אפשר להסב את הניסוי לפעילות כיתה למדידת מקדם השבירה של מים.

לצורך ביצוע הניסוי נדרשים: מוט דק (למשל, עיפרון), כלי קיבול גלילי גדול, קרטון וסרגל. מן הקרטון הכינו מכסה לכלי הקיבול. צרו פתח בקרטון על מנת לאפשר את הכנסת המוט לתוכו. הפתח יהיה ממרכז המכסה עד סמוך מאוד לשפתו (ראו איור 1). הדביקו את הסרגל לאורך שפת הפתח (ראו איור 1). בקצה התחתון של כלי הקיבול סמנו את הקוטר המקביל לפתח. הפתח שיצרתם והקוטר שסימנתם בתחתית הכלי יגדירו את המישור שלאורכו יכול המוט להחליק ממרכז המעגל ועד לשפתו.



איור 1: המכסה של כלי הקיבול עם הפתח עבור המוט. שימו לב לסרגל המודבק לשפת הפתח.

1 | המאמר מתורגם ומעובד על ידי אלישבע כהן על פי "A Simple Method to Measure the Refractive Index of a Liquid";

מתוך "Physics Education", כרך 46, מאי 2011, עמוד 253 | <http://iopscience.iop.org/0031-9120>

מלאו שני שלישים מכלי הקיבול במים. הדביקו היטב את המכסה. הכניסו בעזרת תופסן את המוט בצורה אנכית לחלוטין למרכז הכלי (איור 2). כעת הזיזו את המוט לאורך הפתח לכיוון שפת הכלי (למעשה, קל יותר להזיז את הכלי יחסית למוט). העין הצופה צריכה להיות בגובה פני המים. שימו לב לכך שדמות המוט הנמצאת מתחת לפני המים נפרדת בהדרגה מחלק המוט שנראה מעל פני המים (איור 3). כאשר שני חלקי המוט נראים נפרדים לחלוטין (איור 4), מדדו את המרחק x של המוט מהיקף המעגל (ראו איור 5). בנוסף מדדו בעזרת מחוגה את הקוטר של המוט, d ואת הקוטר של כלי הקיבול, D .



איור 4: הפרדה מלאה בין הדמות למוט.



איור 3: המוט נע לכיוון השפה, והדמות מתחילה להיפרד.



איור 2: המוט במרכז כלי הקיבול

החישוב הבא, המבוסס על איור 5, ייתן את מקדם השבירה n של המים.

עובי הדמות של המוט הנמצא מתחת לפני המים הוא:

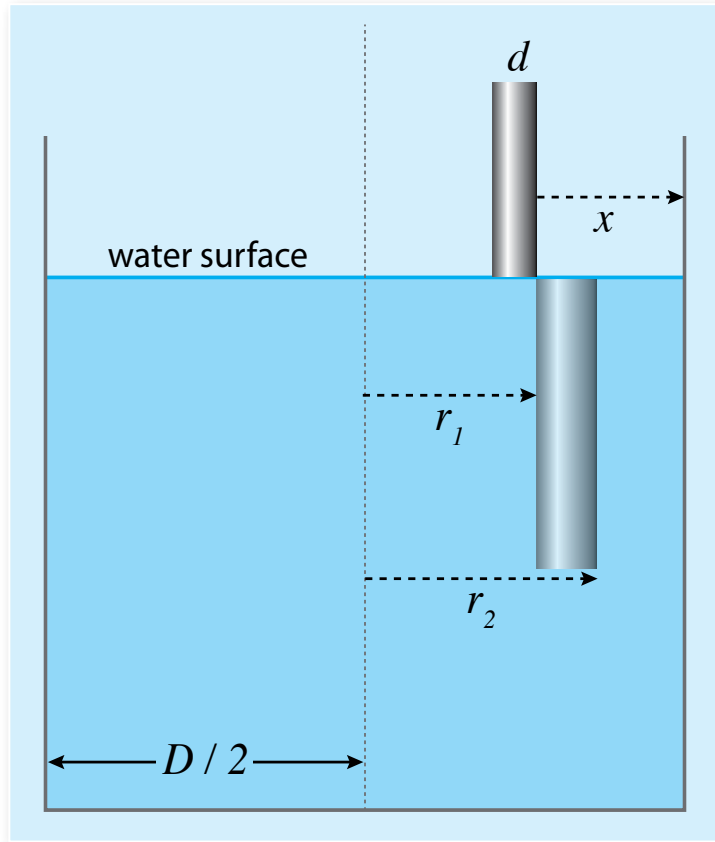
$$nd = r_2 - r_1 \quad (1) \quad \text{כמו כן} \quad r_2 = nr_1$$

$$r_1 = D/2 - x \quad (3) \quad \text{לפי התרשים ניתן לראות ש:}$$

$$n = \frac{D/2 - x}{D/2 - x - d} \quad (4) \quad \text{מכאן נקבל:}$$

הערכים שנמדדו בניסוי שלנו הם: $D=8.95 \text{ cm}$, $d=0.67 \text{ cm}$, $x=1.9 \text{ cm}$

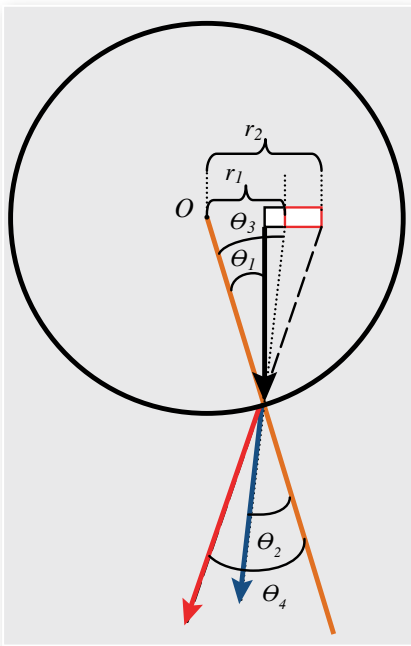
אם נציב ערכים אלו במשוואה (4) נקבל $n=1.32$ בעבר המים.



איור 5: גאומטריית הניסוי

נספח

ההסבר המוביל לנוסחאות (1) ו-(2): השרטוט שמשמאל מתאר את מהלך הקרניים במבט מלמעלה. כדי לדעת היכן תיווצרנה הדמויות של הקצה השמאלי ושל הקצה הימני של העיפרון, ניעזר בחוק סנל בשביל הקרן המסומנת בצבע כחול ובשביל הקרן המסומנת בצבע אדום בהתאמה.



$$\text{אשר לקרן האדומה } nr_1/R = r_2/R : (n \sin \theta_3 = \sin \theta_4)$$

$$\text{כלומר: } nr_1 = r_2 \quad (\text{משוואה 2}).$$

$$\text{אשר לקרן הכחולה } n(r_1-d)/R = r_1/R : (n \sin \theta_1 = \sin \theta_2)$$

$$\text{ולכן: } n(r_1-d)/R = r_1$$

מכאן: יחד עם קשר (2) אפשר לקבל את הקשר (1):

$$n(r_1-d) = r_1 \Rightarrow nr_1 - nd = r_1 \Rightarrow r_2 - r_1 = nd$$