

## תופעת הכוסות המזמרות

שי חרזי – 'נקודת ארכימדס', מרכז אחר"ת



### תיאור כללי של התופעה

העברת אצבע רטובה לאורך שפתה של כוס יין תניב צליל חזק וערב לאוזן. אפקט קסום זה יכול להפיח רוח חיים בכל ארוחת שישי משמימה עם הדודים והדודות, אך מעבר להנאה שבדבר ישנו עומק פיסיקאלי רב שמסתתר בכוס היין. אמנם כל פיסיקאי בראשית דרכו ידע לאמר שהאפקט האחראי לצליל שאנו שומעים נקרא תהודה, אך האם תוכלו לתאר את התנודות בכוס היין? האם הגלים הללו עומדים או נעים? אורכיים או רוחביים או שניהם? מהם תנאי השפה עבור הגלים במערכת? וכיצד ישתנה תדר התנודה עבור כוס עבה יותר או בעלת קוטר גדול יותר? בדקו בעצמכם...

דרך מעניינת לחקור את התנודות בכוס היין היא לבחון את הגלים הנוצרים בנוזל הנמצא בכוס. הוספת הנוזל אומנם תשפיע על התנודות בכוס אך אופי התנודה לא ישתנה מהותית, אמנם תדר התנודה כן ישתנה בצורה ניכרת ביחס לכוס הריקה. כיצד הייתם מניחים שישתנה? מדוע? נחזור לגלים במים, כיצד הייתם מצפים שהם יראו? התבנית המפתיעה שמתקבלת היא תוצאה של התאבכות הגלים החוזרים מדפנות הכוס ומזכירה במקצת את גלי קתדראלת הלחישות וניתנות לתיאור מתמטי בצורה דומה לאופני התנודה של תוף. תופעות מעניינות לא פחות מתקבלת גם בגלים הנוצרים מחוץ לכוס היין אם נניח אותה בתוך מיכל מלא במים, אבל אתן לכם לגלות אותן בעצמכם. מה לדעתכם יקרה לתדירות התנודות במקרה הזה? התופעות הגליות במים אמנם קצת מורכבות ויש לקחת בחשבון את יחס הנפיצה של גלי המים הרלוונטיים אם רוצים להגיע לתוצאות מדויקות, אך חקר איכותי של תנודות הזכוכית בכוס ניתן לביצוע גם ע"י שימוש חכם בקשית שתייה פשוטה.

### מי עוד יודע לומר?

כוסות היין הן מהוד מצוין, והכוסות הדקות ביותר ישמיעו צליל צלול במיוחד. אין צורך בכוסות קריסטל יקרות, גם כוסות הזכוכית הפשוטות בד"כ יאופיינו במקדם איכות, Q, גבוה ובהתאם צלילן ישמע למשך זמן רב לאחר הקשה עליהן. זו גם הסיבה שניתן לעורר בהן משרעת תנודה גדולה מספיק כדי לשוברן באמצעות גלי קול בלבד. אמנם, אופי התנודות בכוס היין לא שונה בהרבה מאופני התנודה של משטחים מעגליים וקמורים אחרים, הידועים שבהם הם פעמונים שכן קל לראות את הדמיון בין שתי המערכות, אך למעשה גם כוסות רגילות (ללא ידית), קערות, צלחות ואפילו מכסים של סירים ניתנים לניגון ע"י העברת האצבע על שפתם עם כמות נאותה של מים וכאשר לא אוחזים בנק' האמורות להתנודד בגוף. שטיפת הכלים היא הזדמנות מצוינת לניסיונות בתחום הזה. שימו לב, שכל הדיון עד כה נגע רק לאופן התנודה הבסיסי של הכוסות, ניתן אף לעורר אופני תנודה נוספים באמצעות אצבע בלבד, אנחנו מנינו לפחות חמישה שונים.

לסיכום, כוסות היין הן צוהר לאינספור מחקרים פיסיקאליים מרתקים, גם מבלי לנסות לשבור אותן. מחקר מהנה.

חומרי קריאה נוספים

1. French A.P. , 1983, "In vino veritas - a study of wineglass acoustics", *Am. J. Phys.* **51** 688
2. Apfel R. , 1985, "Whispering waves in a wineglass" *Am. J. Phys.* **53** 1070