

## גביע ליקורגוס – ננו-טכנולוגיה ביוון העתיקה



המוצג במוזיאון הבריטי, הוא אחד הממצאים המרתקים (Lycurgus Cup) גביע הליקורגוס מימי קדם. ישנם הרבה מבנים וממצאים שונים מהעולם העתיק שמשאירים אנשים מודרניים נדהמים מהתחכום שלהם. מרתקת ומסתורית התובנה איך בני אדם בעת העתיקה, שלא החזיקו בכלים מדעיים מודרניים, יצרו מבנים כמו הפירמידות או מקדשי הזיגורט במסופוטמיה רגעי ההשתאות הנפלאים מפלאי היצירה העתיקים אינם מוגבלים רק למונומנטים; ישנם ממצאים קטנים שהם מדהימים לא פחות. אחד הדברים הקטנים האלה הוא חפץ רומי מהמאה הרביעית לספירה, המכונה גביע ליקורגוס, המתאר את מותו של המלך ליקורגוס, אשר על פי המיתולוגיה היוונית, היה מלך האדונים ובעת שדיוניסוס ובני לווייתו עברו בתראקיה, ליקורגוס תקף אותם. דיוניסוס ניבא לאדונים שארצם תישאר שוממה אלא אם יהרגו את מלכם. הם כלאו את ליקורגוס במערה על הר פנגיון, ולאחר מכן קשרו אותו לסוסים משתוללים שקרעו אותו לגזרים.

הגביע היה בבעלותו של הברון ליונל נתן דה-רוטשילד והוא נרכש על ידי המוזיאון הבריטי בשנת 1958. גובהו 15.88 ס"מ, קוטרו 13.2 ס"מ והוא שוקל 700 גרם. שפת הגביע מעוטרת בעלי כסף ורגלו, עוצבה אף היא בכסף.

הספל עוצב בזכוכית, אבל מה שהופך אותו לפלא אמיתי היא העובדה שהוא נראה ירוק כשהוא מואר מקדימה, אך כשהוא מואר מאחור, הוא נראה אדום. הפלא הזה התאפשר מכיוון שהספל נוצר בעזרת הדוגמה המוקדמת ביותר הידועה של ננו-טכנולוגיה יישומית.

הזכוכית המותכת, ממנה (dichroic glass) גביע הליקורגוס עשוי זכוכית דו-גונית - דיקרואית ניפחו את הספל, הייתה ספוגה בחלקיקים זעירים של כסף וזהב שגורמים לזכוכית להראות בצבעים שונים כאשר האור פוגע בריסי המתכת בתוך הזכוכית.

על פי המגזין של מוזיאון סמיתסוניאן, החלקיקים בכוס רוסקו עד שהם היו בקוטר של כ-50 ננומטר בלבד (מיליון ננומטר = מילימטר). הדרך הפשוטה ביותר להסביר כיצד פועל האפקט היא שכאשר אור פוגע בכתמי המתכת בכוס, האלקטרונים מוחזרים בדרכים שונות, ויוצרים את האפקט של שני הצבעים. על פי המהנדס לוגן ליו, מאוניברסיטת אילינוי שמפיין-אורבנה, סוג הנוזל בו מילאו את הגביע יכול אף הוא להשפיע על תנודות האלקטרונים, ובכך להשפיע על הצבע המוקרן מהספל.

החוקרים רצו לבדוק את הרעיון, מבלי להשתמש בגביע עצמו, ולכן הם יצרו סביבת מבחן דומה אותה ריסו בנגו חלקיקי כסף וזהב. לאחר מכן הם בחנו את החזר הקרינה בעת מילוי בנוזלים שונים. הם הבחינו כי הנוזלים אמנם השפיעו על הצבע. מים יצרו צבע ירוק בהיר, למשל, ואילו שמן יצר אדום. יתכן שישנם שימושים מעשיים רחבים יותר לטכנולוגיה זו מאשר קישוט בלבד המודל שיצרו המדענים התגלה רגיש פי כ-100 יותר מחיישנים מודרניים הבוחנים שינויים בכמויות מלח בתמיסות. לפיכך, טכנולוגיה זו יכולה להועיל בעתיד לסייע באיתור פְּתוּגָּנִים, או כדי למנוע ממחבלים פוטנציאליים להכניס נוזלים מסוכנים למטוסים.

טכנולוגיית הננו, ששימשה ליצירת הגביע, ננטשה במשך יותר מאלף וחמש מאות שנים, עד שנות השמונים של המאה ה-20, בעיקר מכיוון שהכלים הדרושים בכדי ליישם את הטכנולוגיה עדיין לא היו קיימים. נאס"א החלה לעבוד עם זכוכית דיקרואית בשנות ה-50 וה-60. הזכוכית שייצרו יכלה לסייע בהגנה מפני קרינת השמש הבלתי מיוננת, אליה נחשפים האסטרונאוטים והחלליות. כיום, זכוכית דיקרואית נפוצה באומנות הדקורטיבית, ביצירת פילטרים אופטיים ובתכשיטים. אך תהליך היצירה שלה עדיין שונה בהרבה מהשיטות ששימשו ליצירת גביע הליקורגוס.

