**תנועה מעגלית על כביש אופקי**

*הסבר: הנתון הוא שהגוף נע בתנועה מעגלית קצובה על משטח אופקי. אילו כוחות עשויים לאפשר את התנועה המעגלית?  
  
בניגוד לשאלות קודמות, אין כאן מתיחות, או נורמל לכיוון המרכז. האפשרות היחידה היא לומר, שיש חיכוך בין הגוף לבין המשטח המכוון למרכז, והוא יוצר את התנועה המעגלית. יש לכך סימנים אחדים:*

1. *אם המשטח יהיה חלק (לדוגמה, משטח קרח, או משטח המכוסה בשמן), לא ניתן להשאיר את הגוף בתוך המעגל, והגוף ינתק מן המעגל וימשיך בקו ישר עד התרסקות טראגית*
2. *ההגיון אומר כך.*

*לאור האמור, תרשים הכוחות מורכב משלושה כוחות:*

1. *בציר* **Y***, אין תנועה משום שהגוף לא עולה מעל פני השטח, ולא מתחפר בקרקע*
2. *בציר הרדיאלי, קיים כוח אחד (הוא החיכוך), ועל פי החוק השני של ניוטון, ΣF = ma, ΣF זה f, כוח החיכוך, ולכן הוא שווה ל m\*a.*

עלינו לקבוע האם מדובר בחיכוך סטטי או קינטי.

והתשובה: זהו חיכוך סטטי (כמה מפתיע!). ומדוע? משום שהכוח *f* מאונך לווקטור המהירות.כיוון שכך, ומשום שאין תנועה על הציר הרדיאלי,למרות החיכוך, ברור שזהו חיכוך סטטי.

נזכור שחיכוך סטטי יכול לקבל כל ערך מ0 ועד המקסימום שלו, שהוא μ (מקדם החיכוך הסטטי) \*N . נניח אם כן, שהגוף נע במעגל באופן שפועל עליו החיכוך הסטטי המקסימלי, כלומר:

*נעצב את המשוואות שלנו מחדש:*

*נחלק ב-m, ונכפיל ב-R:*

*הסבר: לכל מקדם חיכוך ורדיוס עקמומיות יש מהירות מקסימאלית שבה יכול לנוע גוף, תהה מסתו אשר תהה, תוך שמירה על המסלול המעגלי. הסיבה לכך היא, ההגבלה הקיימת על מקסימום החיכוך הסטטי. לכן ברור, שכל מהירות שיותר קטנה מהמהירות הקריטית, תאפשר תנועה במעגל, משום שמהירויות קטנות דורשות חיכוך קטן, והמשטח יכול לספק כל חיכוך דרוש, בלבד שהוא קטן\שווה ל*

*הגבהת מעקם*

***כשמתכננים כביש המיועד לתנועה במהירות גבוהה יחסית (כמו למשל, עליה למחלף), אי אפשר לסמוך על החיכוך כשלעצמו שישאיר את המכונית על המעגל, ולכן, מייצרים כוחות נוספים שיצטרפו על החיכוך ליצירת הכוח הצנטרופטאלית. השיטה הנפוצה ביותר היא בניית הכביש עם שיפוע צד, כלומר, שהחלק החיצוני שלו גבוהה מהחלק הפנימי. כדי להבין את העניין, נבחן מקרה פשוט, שבו המשטח חלק לחלוטין, אבל, עם שיפוע צד:***

*נחלק את המשוואות שקיבלנו אחת בשנייה:*

*נוריד את*

*וקיבלנו את המהירות!:*