

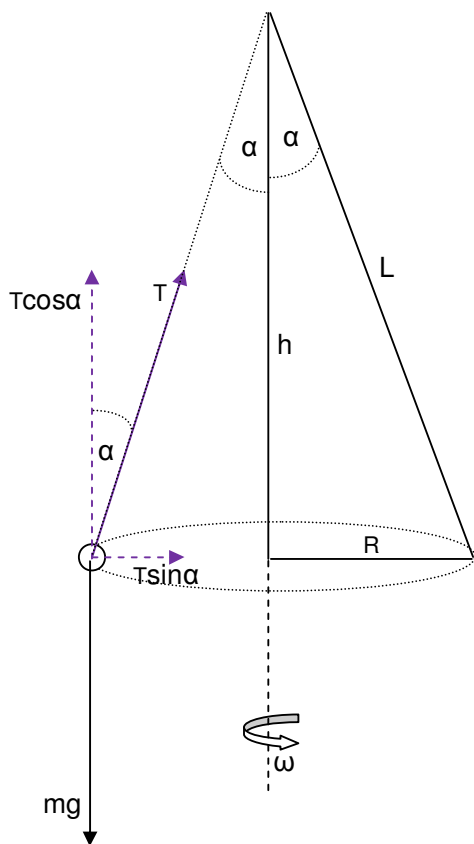
## שיקולי כוחות :

הכדור אינו מאיץ כלל בכיוון אנכי  $\Rightarrow$  רכיבה האנכי של המתיחות מקזז את כוח הכבידה  $\Rightarrow T \cos \alpha = mg$

הכדור מאיץ רדיאלית במישור אופקי  $\Rightarrow$  רכיבה האופקי של המתיחות מספק כוח רדיאלי  $\Rightarrow T \sin \alpha = \sum F_R$

נחלק המשוואות זו בזו ונקבל :  $\sum F_R = mg \tan \alpha$

שיקולי מרחקים :  $h = L \cos \alpha$  ,  $R = L \sin \alpha$



סעיף א' - משוואת תנועה וזמן מחזור :

משוואת התנועה של גוף מתקבלת מכפיפתו לחוק השני של ניוטון:  $\sum F = ma$

$$\sum F_R = ma_R \Rightarrow mg \tan \alpha = m\omega^2 R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow g \tan \alpha = \omega^2 L \sin \alpha \Rightarrow \frac{g}{\cos \alpha} = \omega^2 L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sqrt{\frac{g}{L \cos \alpha}} = \omega \Rightarrow \sqrt{\frac{g}{L \cos \alpha}} = 2\pi f \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sqrt{\frac{g}{L \cos \alpha}} = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{L \cos \alpha}{g}}$$

קיבלנו את זמן המחזור ( $T$ ) של המטוטלת הקובית, שהוא הזמן הדרוש לה לביצוע הקפה אחת.

סעיף ב' - תדירות זוויתית מינימאלית למטוטלת קובית :

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L \cos \alpha}} \quad \text{במהלך הפיתוח בסעיף א' קיבלנו ביטוי לתדירות הזוויתית}$$

$L$ - ו-  $g$  קבועים, לכן התדירות הזוויתית ( $\omega$ ) משפיעה בביטוי זה רק על הקוסינוס של זווית הנטייה ( $\alpha$ ) מהאנך.

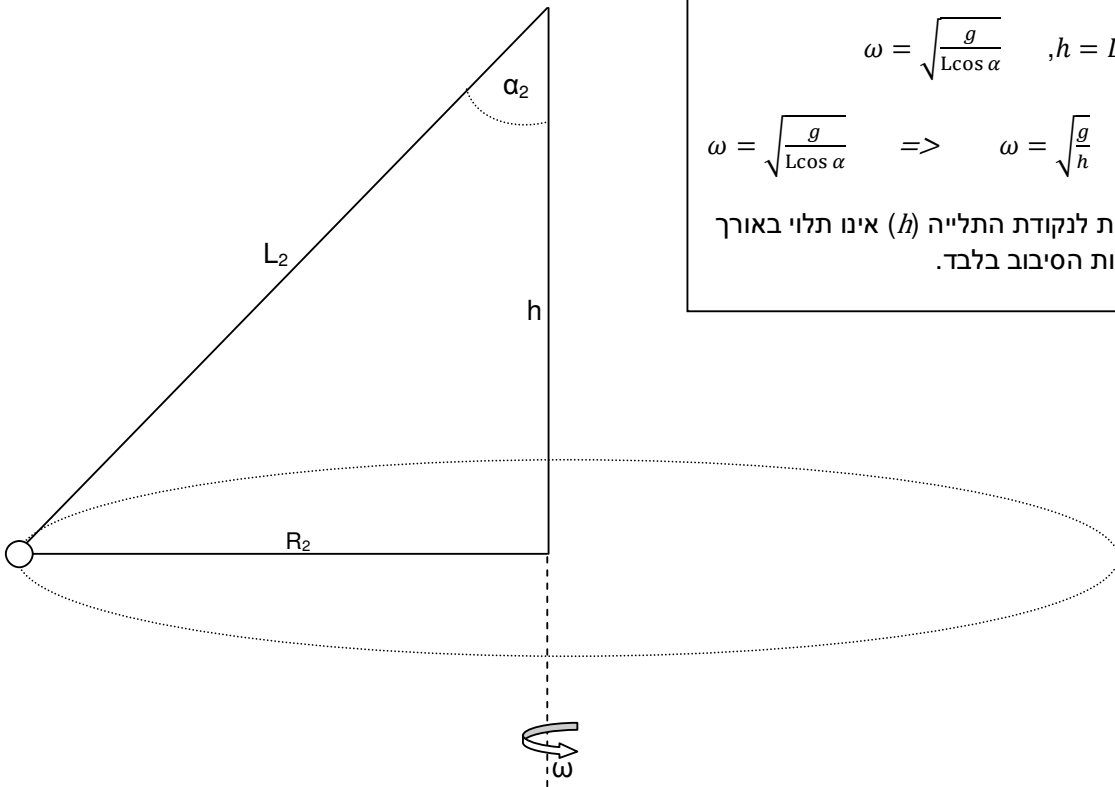
כדי לקיים מסלול מעגלי אופקי  $\alpha$  צריכה להיות גדולה מאפס, ז"א  $\cos \alpha$  צריך להיות קטן מאחד, ז"א  $\sqrt{\frac{g}{L}} < \omega$

סעיף ג' - האם  $h$  תלוי באורך המטוטלת ?

כאמור לעיל,  $h = L \cos \alpha$ ,  $\omega = \sqrt{\frac{g}{L \cos \alpha}}$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L \cos \alpha}} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{h}} \Rightarrow h = \frac{g}{\omega^2}$$

מסתבר שהגובה מתחת לנקודת התלייה ( $h$ ) אינו תלוי באורך המטוטלת אלא בתדירות הסיבוב בלבד.



סעיף ד' - אם ניקח חוט ארוך יותר ונסובב באותה התדירות, האם זווית הנטייה  $\alpha$  תגדל, תקטן או תישאר ללא שינוי ?

מסעיף ג' נובע ש-  $\cos \alpha = \frac{h}{L} = \frac{g}{\omega^2 L}$ , ז"א שאם אורך החוט ( $L$ ) גדול יותר  $\cos \alpha$  קטן יותר  $\alpha$  גדולה יותר.

ניתן לסכם את סעיפים ג' ו-ד' כך:

הארכת החוט תוך שמירה על תדירות **קבועה** תגדיל את זווית הנטייה בהתאם, כך שהגובה מתחת לנקודת התלייה יישאר כשהיה.