

## עולם אידיאלי

בעולם אידיאלי אין חוסר ודאות בתנועת הרובוט, כלומר :

1. הרצפה ישרה

2. כאשר ניתנת הפקודה לנוע במהירות  $v$ , הרובוט נע במהירות זו בקו ישר

3. כאשר ניתנת הפקודה לעצור הרובוט עוצר מיידית

4. כאשר הכדור מפסיק להידחף על ידי הרובוט הוא מתקדם בקו ישר תוך האטה בגלל החיכוך

5. הנחות על החיכוך :

(א) החיכוך הוא דינאמי בלבד (מזניחים חיכוך סטאטי)

(ב) מקדם החיכוך נתון ומאופיין על ידי הפרמטר  $\mu$

**פתרון הבעיה** נשתמש בקינמטיקה :

נסמן את נקודת המטרה כ- $(x, y)$ . אזי הזווית  $\omega$  שבה הרובוט יצטרך להגיע את הכדור על מנת לדחוף אותו היא המשך הקו הישר שנמתח ממרכז הכדור (נקודה  $(0, 0)$ ) לנקודת המטרה אשר שיפועו הוא :

$$\alpha = \frac{y}{x}$$

נחשב את הזווית  $\omega$  בצורה הבאה :

$$\omega = \begin{cases} \arctan(\alpha) & x, y \geq 0 \\ 180^\circ - \arctan(\alpha) & x < 0, y \geq 0 \\ 180^\circ + \arctan(\alpha) & x, y < 0 \\ 360^\circ - \arctan(\alpha) & x \geq 0, y < 0 \end{cases}$$

כעת נחשב את המרחק ( $\ell$ ) שיש להזיז את הכדור לפי משפט פיתגורס :

$$\ell = \sqrt{x^2 + y^2}$$

את  $v$  עלינו לחשב מתוך  $\ell$  בצורה הבאה :

בהינתן מקדם החיכוך  $\mu$ , כוח החיכוך הוא

$$f_{friction} = -\mu \cdot N = -\mu \cdot m \cdot g$$

כאשר הכדור מונח על משטח ישר. לפי החוק השני של ניוטון תאוצת הכדור הינה

$$a = \frac{\sum F}{m} = -\mu \cdot g$$

ולכן, לפי הנוסחה  $v = v_0 + at$  נקבל כי הכדור יתגלגל במשך  $t_{stop}$  עד לעצירה כאשר:

$$t_{stop} = \frac{v_0}{a} = \frac{v_0}{\mu g}$$

כעת נחשב בעזרת משוואת התנועה  $\Delta x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$  את המרחק שהכדור יעבור:

$$\Delta x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = v_0 \cdot \frac{v_0}{\mu g} + \frac{1}{2} (\mu g) \cdot \left( \frac{v_0}{\mu g} \right)^2 = \frac{v_0^2}{\mu g} - \frac{1}{2} \cdot \frac{v_0^2}{\mu g} = \frac{v_0^2}{2\mu g}$$

נדרוש  $\Delta x \stackrel{!}{=} \ell$  ונקבל

$$\begin{aligned} \ell &= \frac{v_0^2}{2\mu g} \\ v_0^2 &= 2\ell\mu g \\ v_0 &= \sqrt{2\ell\mu g} \end{aligned}$$

סך הכל קיבלנו את הדרך לחישוב  $(v_0, \omega)$  כתלות ב- $(x, y)$  (עם הפרמטר  $\mu$ ) בעולם האידיאלי.