כיצד ציורים דוממים יוצרים תנועה?

דמיינו שאתם חיים לפני 200 שנה,
ללא טלוויזיה, טלפונים חכמים או
חשמל. ברגע שמסובבים את הגליל –
הסוס המצויר מתחיל לדהור.
איך מתרחש הקסם הזה?

Gemini Notebook

הָאָרָה
תוכניות העשרה בע"מ

התחנה המרכזית של הראייה: מהעין אל המוח

שלב 3: הפרשנות: המוח מפענח את המידע ויוצר את התמונה. אבל לפעמים... הוא "ממציא" תנועה שלא באמת קיימת!

מוח

אונה עורפית

מוח

עצב הראייה

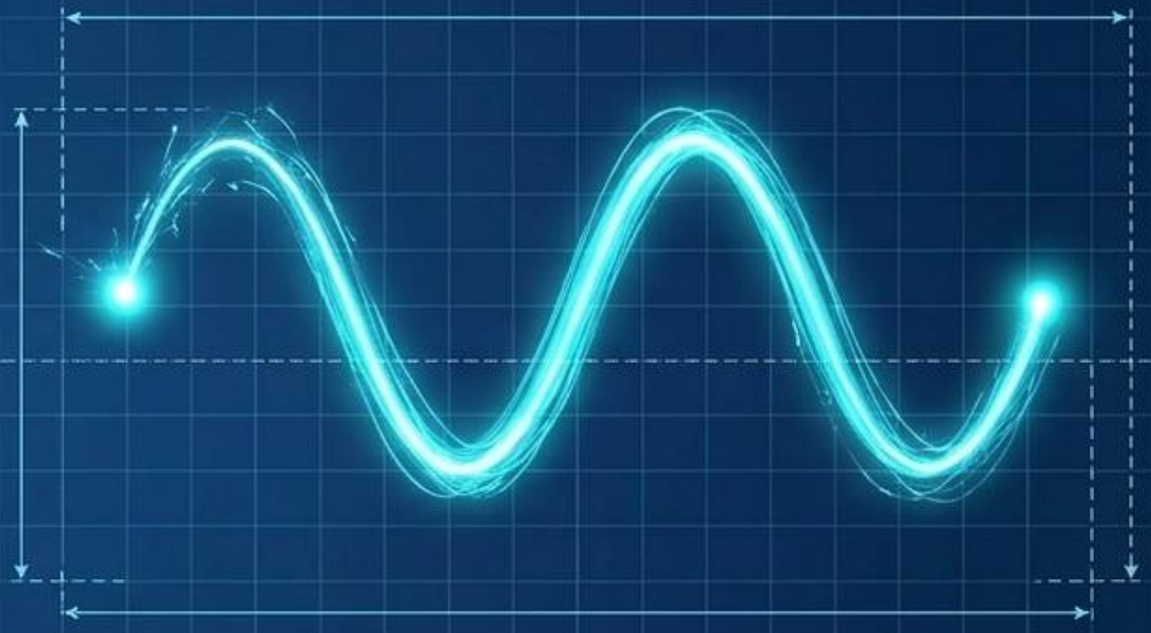
רשתית

שלב 1: הקליטה: אור פוגע ברשתית בחלק האחורי של העין. העין.

שלב 2: התרגום: התאים ברשתית ממירים את האור לאותות העוברים בעצב הראייה.

Gemini Notebook

אשליית התנועה: כשהמוח משלים פערים



2 תנועה מדומה (Apparent Motion):

הקסם האמיתי. המוח שלנו מזהה שינויים הדרגתיים במיקום של חפץ, ומחבר אותם לתנועה רציפה.

1 התמדת הראייה (Persistence of Vision):

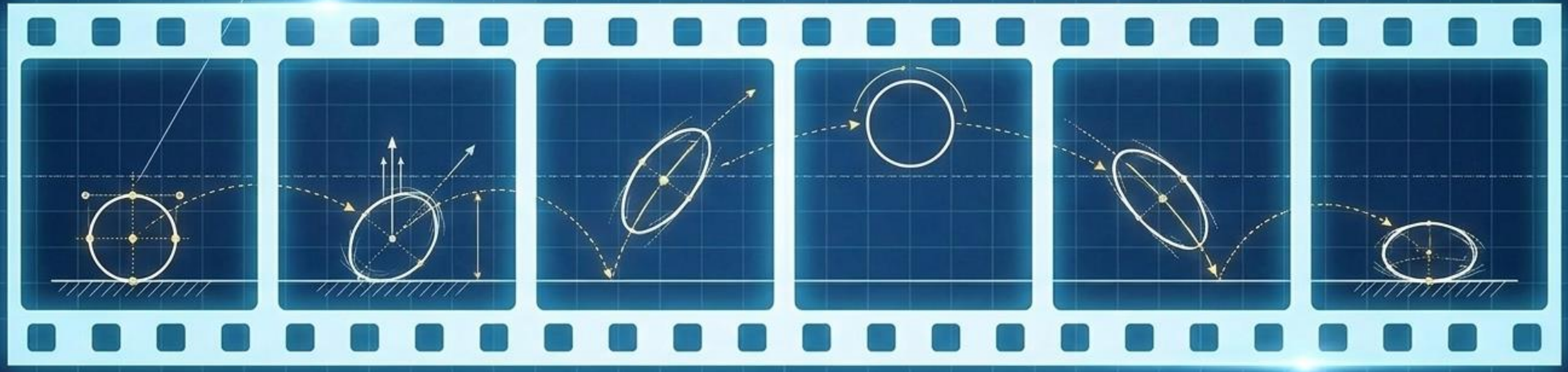
העין ממשיכה "לראות" את הגירוי לשבריר שנייה גם כשהוא נעלם. תופעה זו אינה מסבירה לבדה את הקולנוע!

Gemini Notebook

האָרה
תוכניות העשרה בע"מ

מהו בעצם "פריים"?

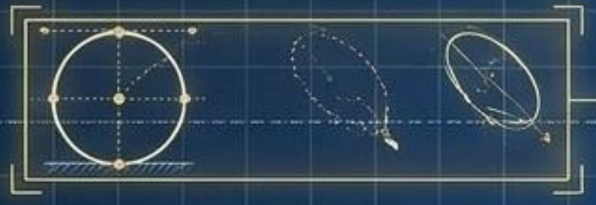
1 **הגדרה: פריים (Frame)** הוא תמונה בודדת מתוך רצף קולנועי.

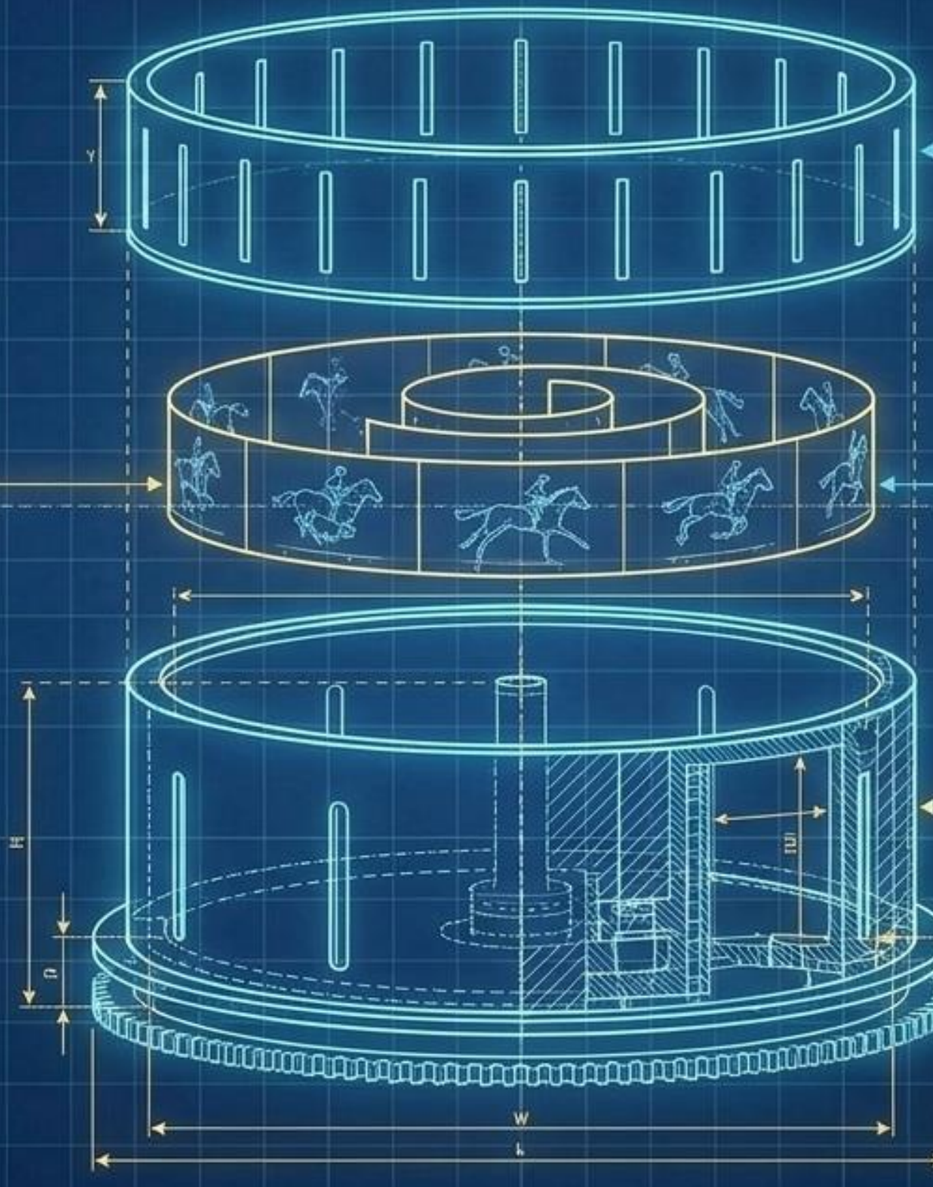


שימו לב: בכל אחת משש התמונות הללו, האובייקט דומם לחלוטין. התנועה מתרחשת אך ורק כשהן מוחלפות במהירות.

Gemini Notebook

הכירו את הזואוטרופ – "גלגל החיים"





1 **חריצי צפייה:** הפתחים הצרים בחלק העליון.

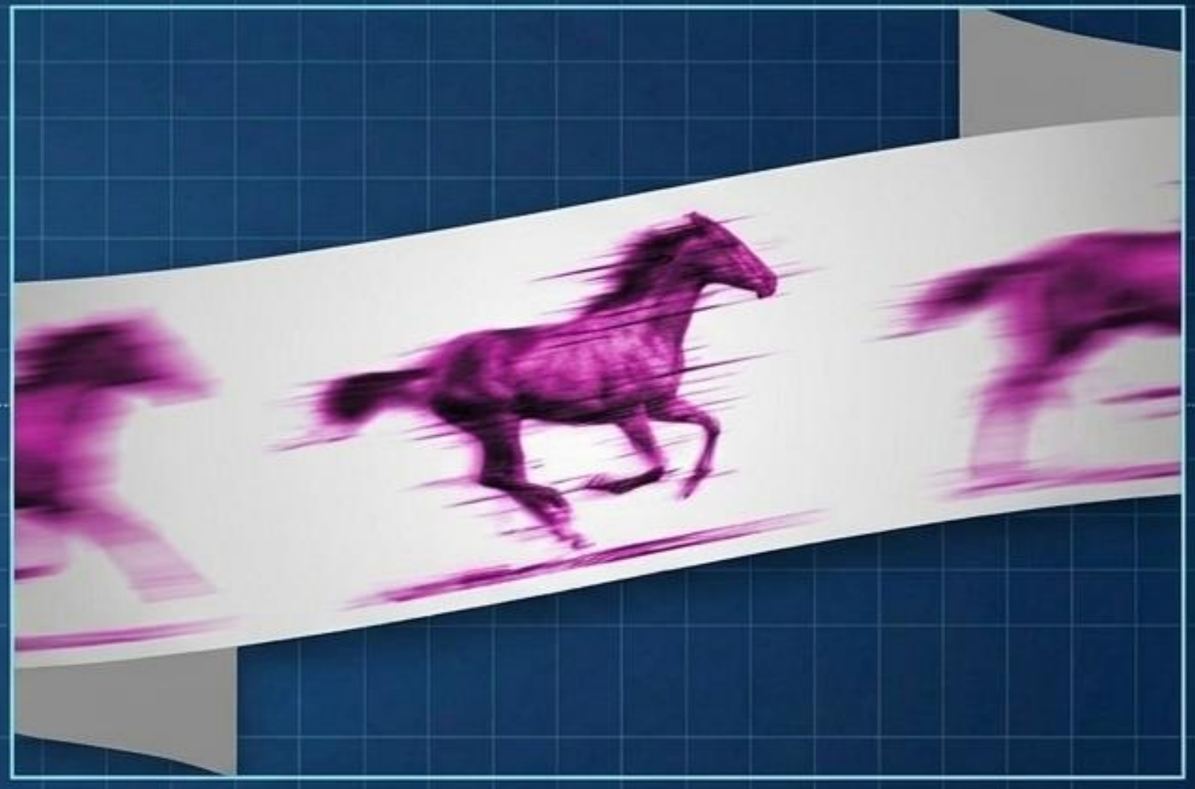
2 **רצועת תמונות:** ממוקמת בדופן הפנימית ומציגה שלבים עוקבים של תנועה.

3 **תוף מסתובב:** יוצר מסלול מעגלי רציף לתמונות.

Gemini Notebook

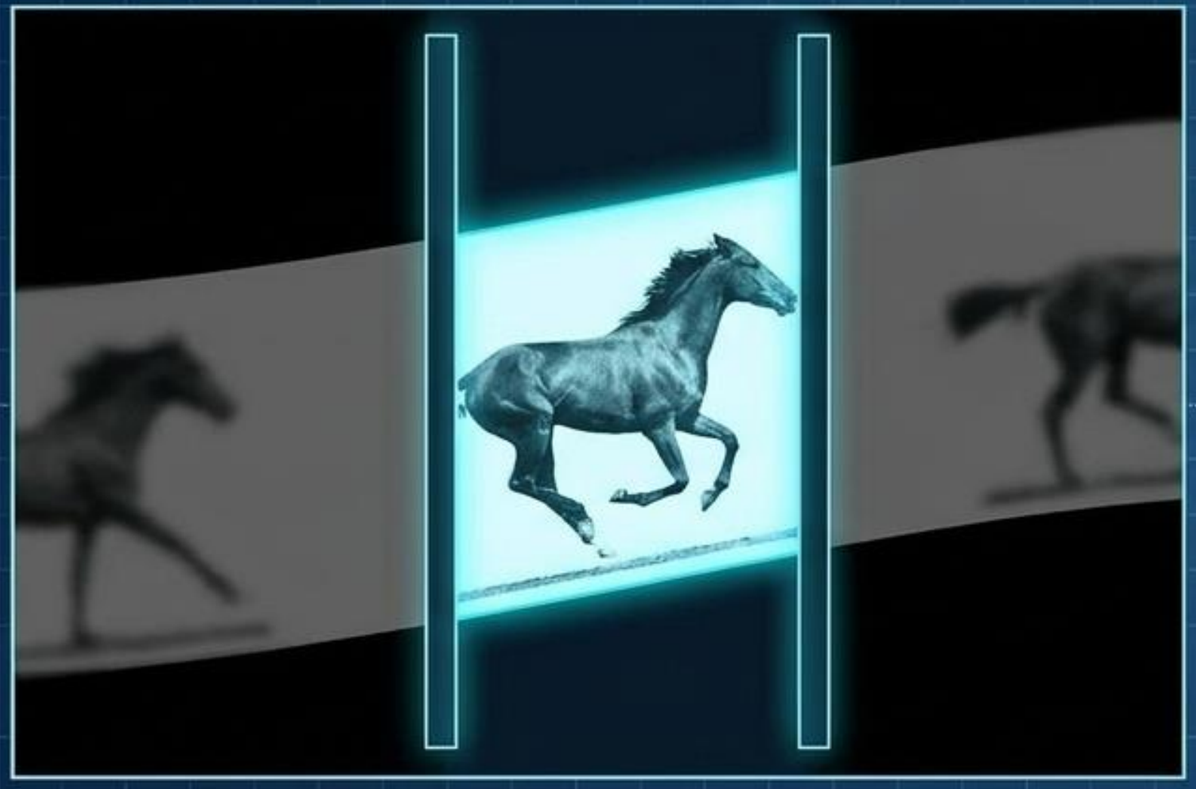
סוד הקסם: למה אנחנו חייבים חריצים?

ללא חריצים



ללא חריצים: התמונות יחלפו על פנינו במהירות ויראו כמריחה מטושטשת.

עם חריצים



עם חריצים: החריץ פועל כ"תריס" (Shutter). הוא מבודד כל תמונה לשבריר שנייה ומסתיר את התנועה שביניהן.

Gemini Notebook

משחקים הילוך: השפעת מהירות הסיבוב

לאט מדי: נצליח להבחין בתמונות נפרדות. התנועה תהיה קופצנית ומקוטעת.

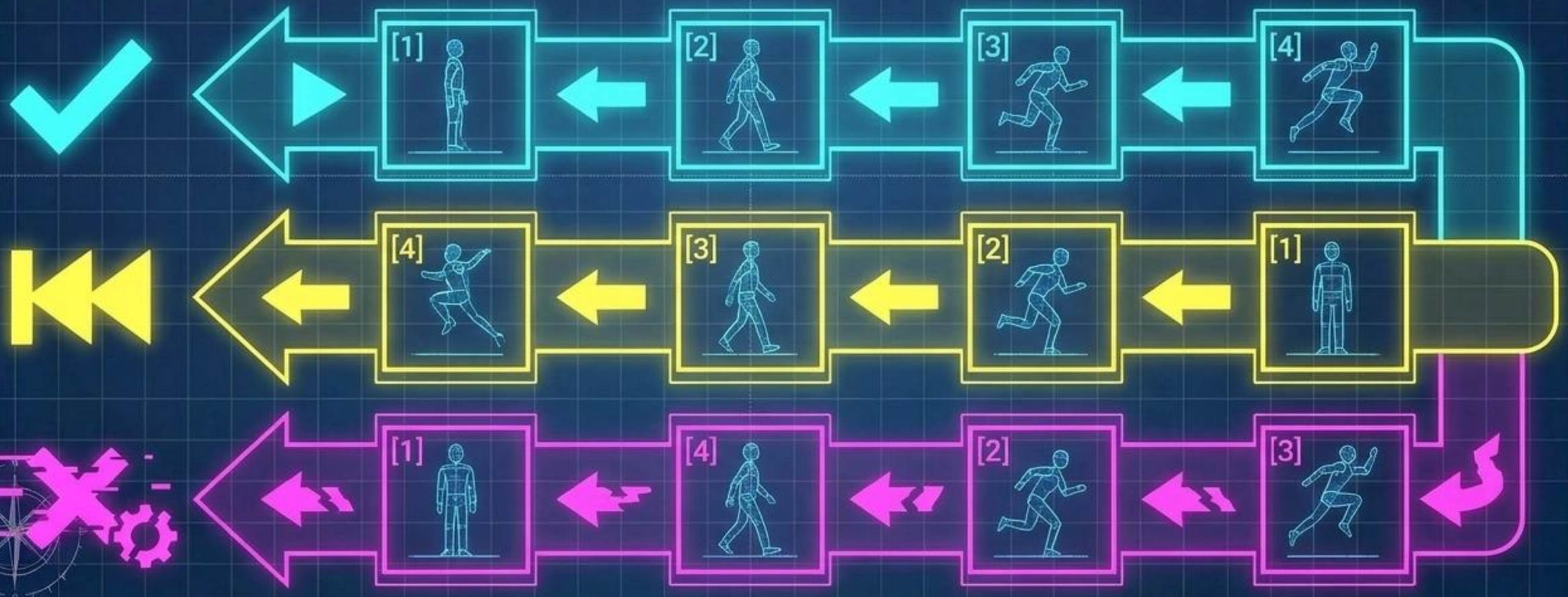
בדיוק בקצב: אשליית תנועה חלקה ורציפה המשכנעת את המוח.

מהר מדי: התנועה תיראה לא טבעית, טבעית, מהירה מדי או מטושטשת לחלוטין.

Gemini Notebook

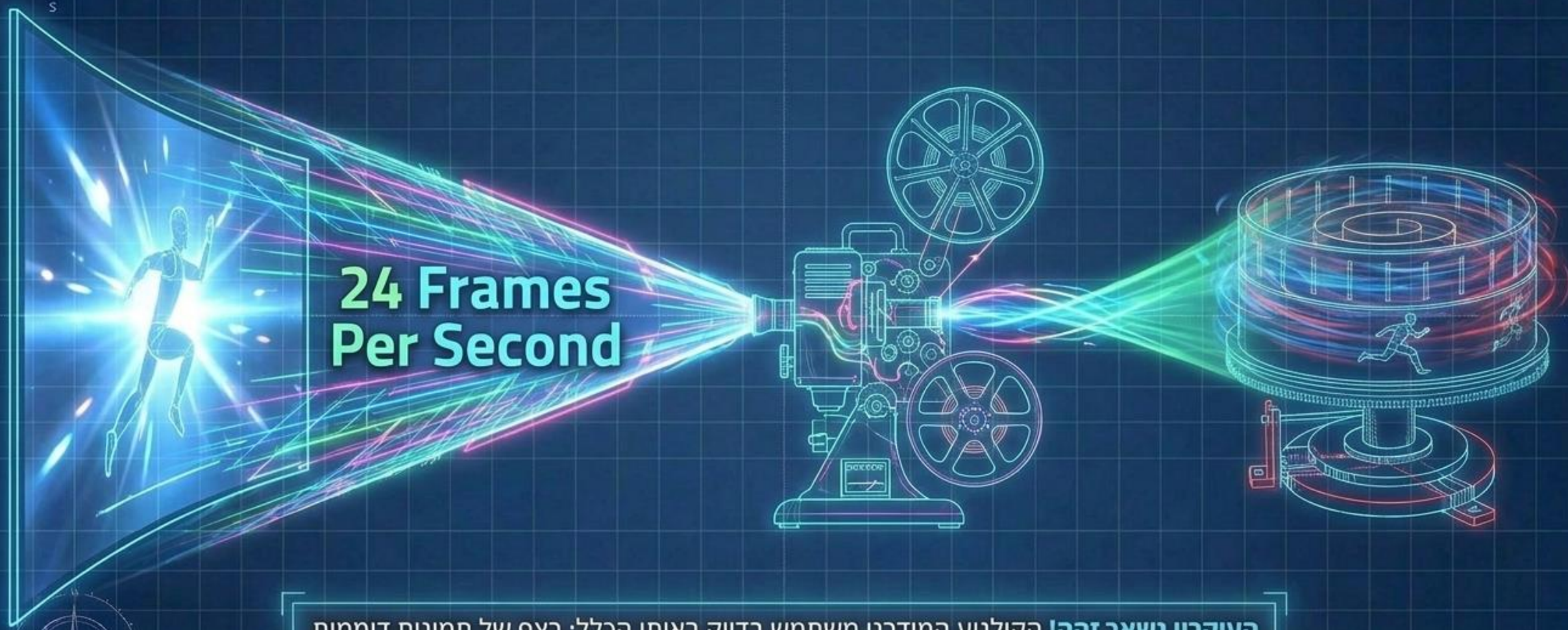
מה קורה כשמשנים את הסדר?

רק מהירות אינה מספיקה. סדר התמונות וההבדל ההדרגתי ביניהן הם שמכתיבים את כיוון התנועה ואת הסיפור שאנחנו תופסים.



Gemini Notebook

מאשליה אופטית למסך הקולנוע



העיקרון נשאר זהה! הקולנוע המודרני משתמש בדיוק באותו הכלל: רצף של תמונות דוממות מוקרנות במהירות (לרוב 24 פריימים בשנייה) כדי לשטות במוח שלנו וליצור תנועה.

Gemini Notebook

הזואוטרופ באנימציה המודרנית

הטכנולוגיה השתנתה, אך חוקי הפיזיקה לא. בין אם באנימציה ממוחשבת, בבובות סטופ-מושן או בספר דפדוף פשוט – הכל מתחיל משינויים קטנים מפריים לפריים.

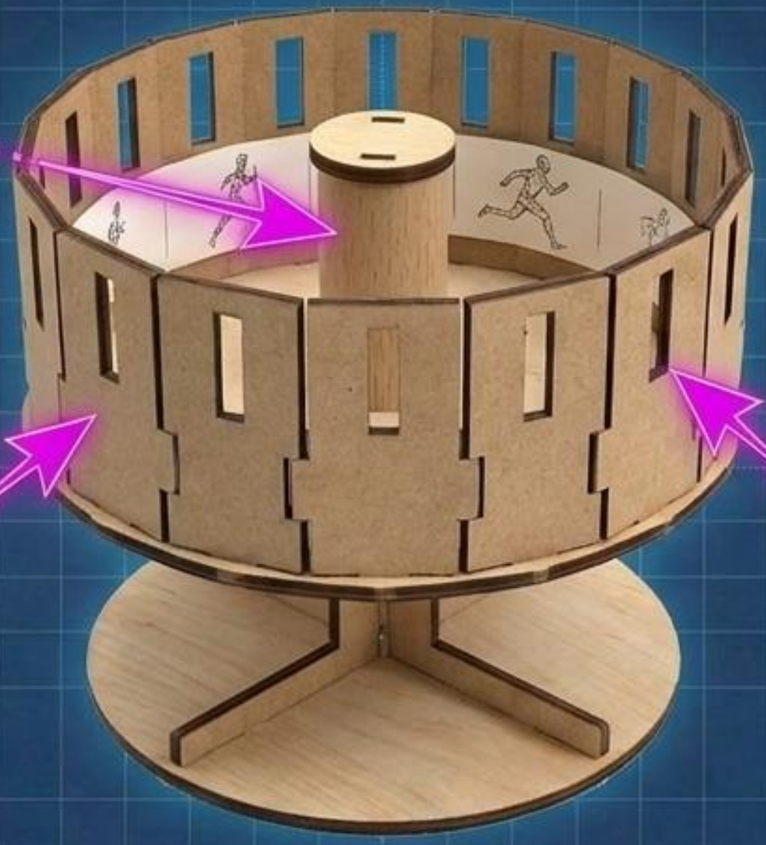
סטופ מושן

אנימציה תלת-ממדית

ספר דפדוף

Gemini Notebook

המעבדה שלנו: איך פועל הדגם



ציר הסיבוב
(קובע את יציבות התנועה)

אזור הצמדת הרצועה

חלונות "התריס" שלנו

הדגם שבידיכם הוא **מעבדה מדעית**. הוא רותם את חוקי האופטיקה והמכניקה שלמדנו למכשיר פיזי עובד.

אתגר האנימטורים: הגיע הזמן ליצור!

1. ציירו: צרו רצף מקורי של דמות החוזרת על תנועה (כדור קופץ, אדם רץ).

2. בחנו: הפעילו את הזואוטרופ ובדקו מתי האשליה מושלמת. מה קורה כשאתם מאיצים?

3. השוו: נסו להתבונן בתוף המסתובב ללא שימוש בחריצים. מה ראיתם?

למחשבה: אם כל הציורים שהכנסתם למתקן דוממים לחלוטין.. היכן באמת מתרחשת התנועה שאתם רואים? (רמז: בתוך המוח שלכם!)