



# שילוב עננים "מציאותיים" בסימולציות



מוצג ע"י: אריק קיל, לב טוניק  
מנחה תעשייתי: ר' מרפא"ל וציוותה  
מנחה אקדמי: ירון חונן



# שילוב עננים "מציאותיים" בסימולציות



## נושאים עיקריים

1. מבוא לתזה- "מציאותיים" וסימולציות?
2. יצירה ושילוב צורות העננים
3. תנועת העננים
4. אלגוריתם ההצגה למסך Render-pipeline
  - תאורה וצבע, צלליות
5. אופטימיזציות
6. שאלות וסיכום



# מבוא לתזה - "מציאותיים" וסימולציות?



$$24 \text{ frames} * \text{MaxTime}_{\text{Cloud}_{\text{layer}}} = 1000 \text{ milliseconds} = 1 \text{ second}$$

$$\text{MaxTime}_{\text{Cloud}_{\text{layer}}} = 41.66 \text{ ms}$$



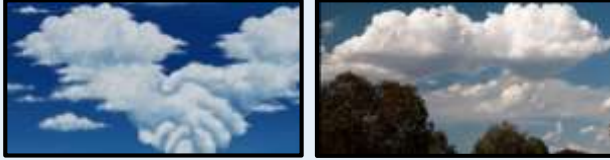
$$\text{MaxTime}_{\text{Whole Scene}} = 41.66 \text{ ms}$$

$$\text{e.g. } \text{MaxTime}_{\text{Cloud}_{\text{layer}}} \sim 2 \text{ ms (960 * 540 resolution)}$$

1. סימולציות?

1. מגבלת זמן

2. מיקומים שאינם ידועים מראש



יצירה ושילוב צורות העננים

שילוב התאורה

תנועת העננים

2. מציאותיים?

1. מיקומי היווצרות

2. מאפייני צורה ייחודיים

3. השפעות האור על נראות הענן

4. שינויי צורה בזמן התנועה

5. מאפייני כיווני התזוזה



# יצירה ושילוב צורות העננים

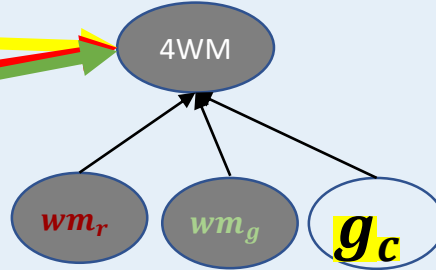
## משתנים וטקסטורות

## פונקציות

## אלגוריתם

$g_c$  Global coverage

WM 512 \* 512

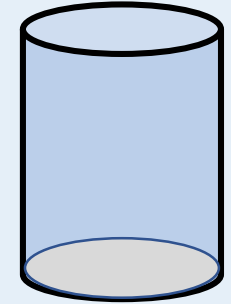


1. היכן עננים יכולים להיווצר?

• יצירת ריבוע שטוח במישור

המקביל לריצפה, המייצג

"עיגולים" מלאי חומר בצפיפות ובגובה משתנה



מיקום היווצרות אפשרי	שיא גובה אפשרי	צפיפות אפשרית	



# יצירה ושילוב צורות העננים

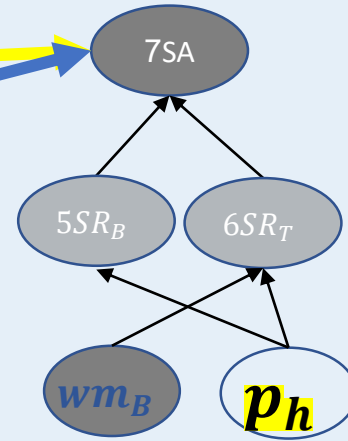
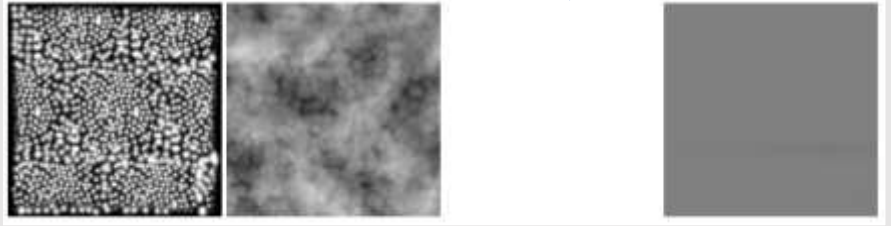
## משתנים וטקסטורות

## פונקציות

## אלגוריתם

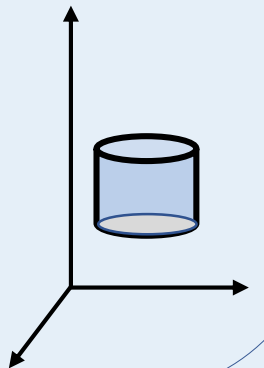
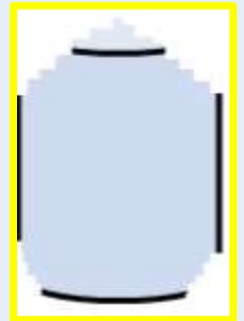
$p_h$  height % (inside a cloud)

WM 512 \* 512



2. נגרום לעננים להיות מעוגלים

מעט בתחתית, ויותר בפסגה





# יצירה ושילוב צורות העננים

## משתנים וטקסטורות

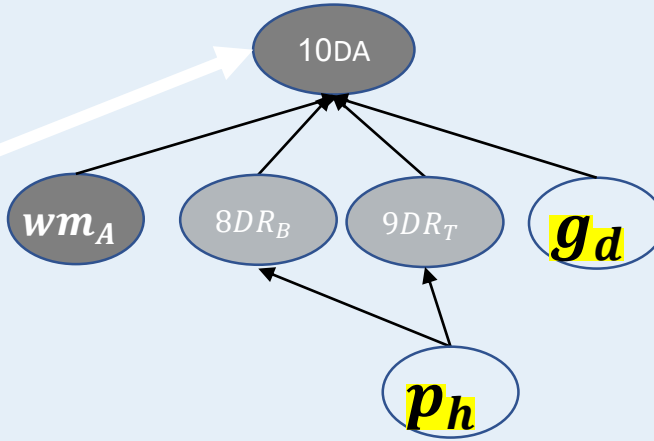
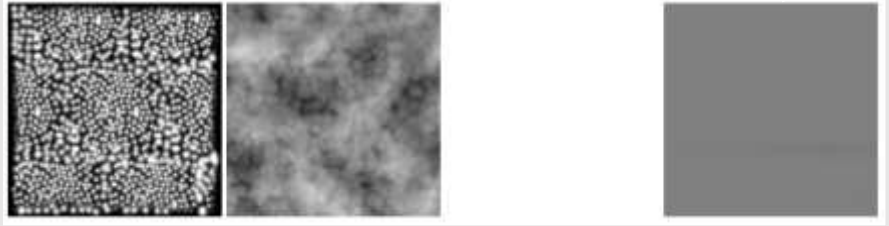
## פונקציות

## אלגוריתם

$g_d$  Global density

$p_h$  height % (inside a cloud)

WM 512 \* 512



3. נגרום לעננים להיות אווריריים בתחתית,

ועם צורה מוגדרת יותר לקראת הפיסגה





# יצירה ושילוב צורות העננים

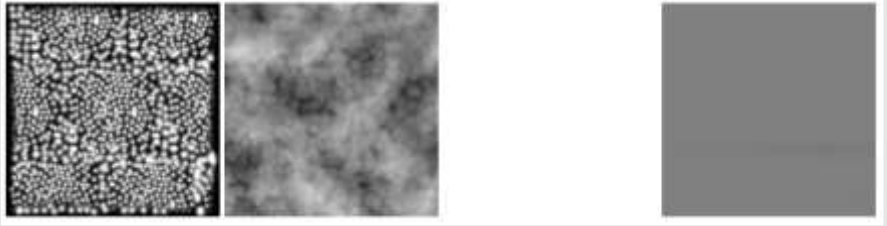
## משתנים וטקסטורות

$g_c$  Global coverage

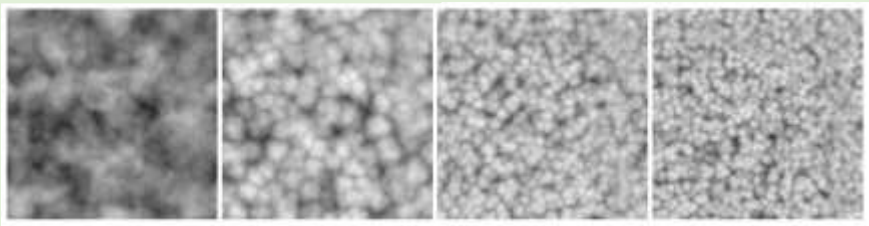
$g_d$  Global density

$p_h$  height % (inside a cloud)

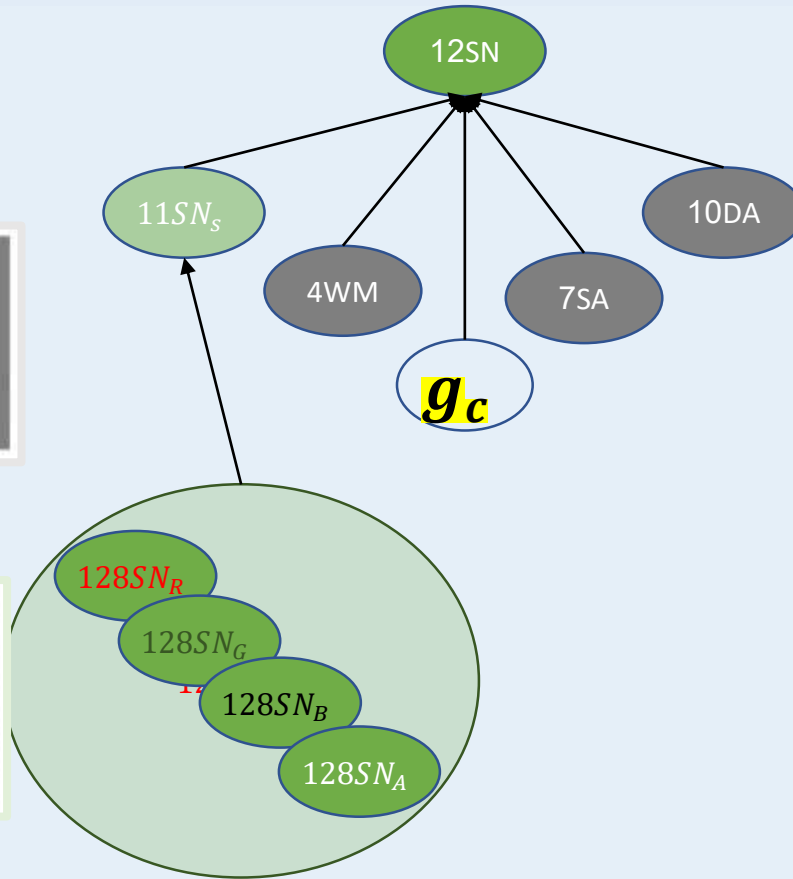
WM 512 \* 512



128SN 128\*128\*128



## פונקציות



## אלגוריתם

4. כרגע יש לנו צורה כללית,

נגלף מתוכה צורה דומה יותר לענן:







# יצירה ושילוב צורות העננים

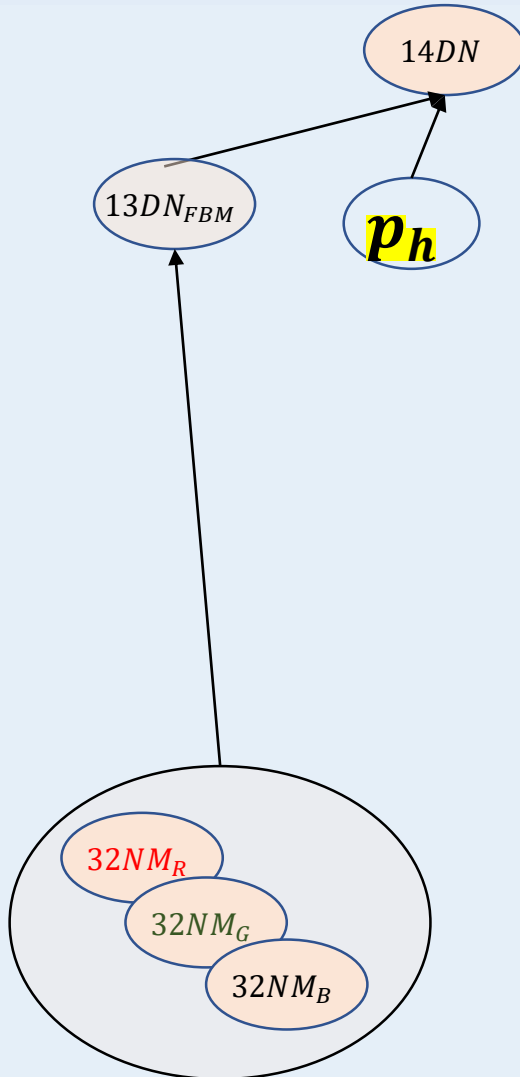
## משתנים וטקסטורות

$p_h$  height % (inside a cloud)

32NM  
32\*32\*32



## פונקציות



## אלגוריתם

5. כעת נוסיף עידונים אחרונים

כדי לשפר את צורת הענן



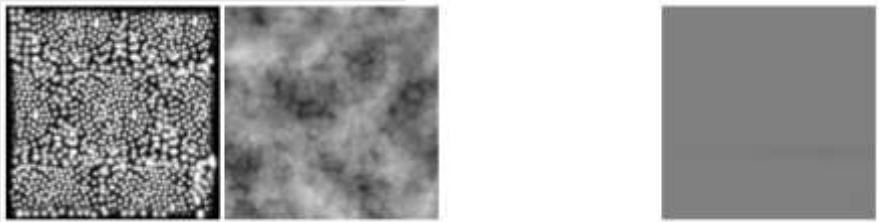


# יצירה ושילוב צורות העננים

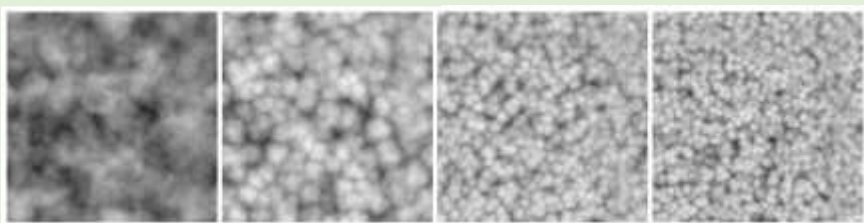
## משתנים וטקסטורות

$g_c$  Global coverage

WM 512 \* 512

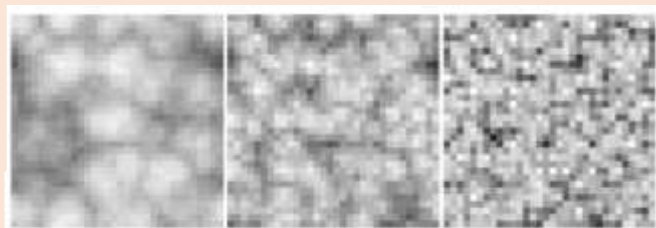


128SN 128\*128\*128

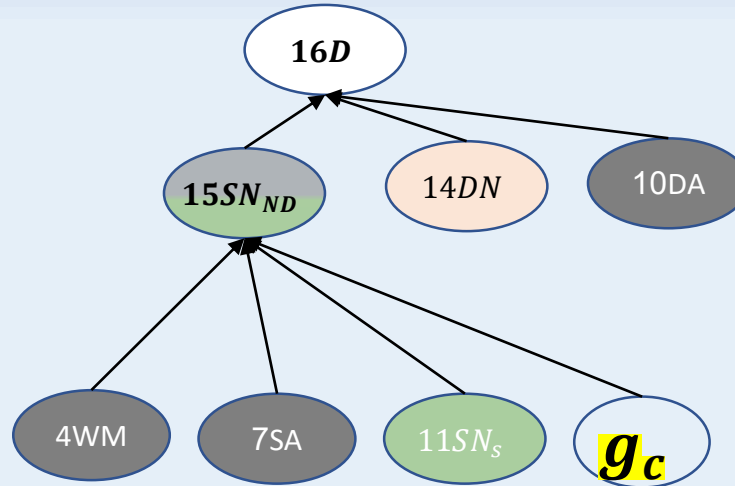


32NM

32\*32\*32



## פונקציות



## אלגוריתם

6. נותר רק להכריע לגבי הצפיפות

בכל נקודה בענן שגילפנו

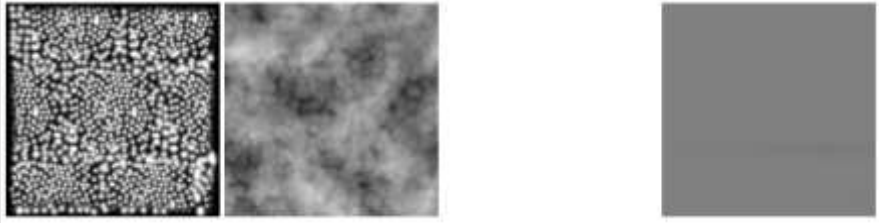




## משתנים וטקסטורות

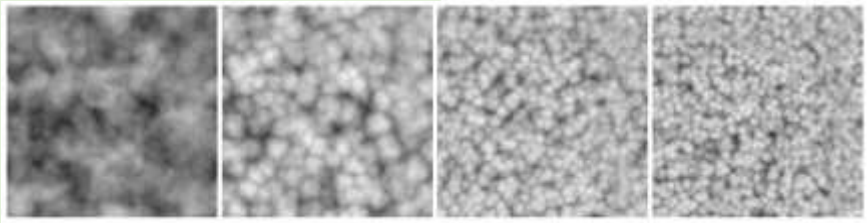
WM 512 \* 512

הזזת כלל העננים



128SN 128\*128\*128

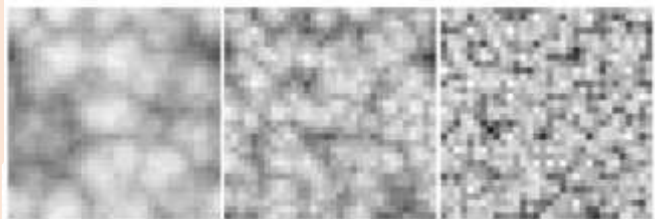
שינוי צורת העננים



דימוי מערבולות עדינות

32NM

32\*32\*32





# אלגוריתם ההצגה למסך Render pipeline



## גרף הפונקציות

## אלגוריתם

1. חשב את צבע הענן בכל פיקסל

[בכל הפריימים, חוץ מהראשון, נחשב צבע

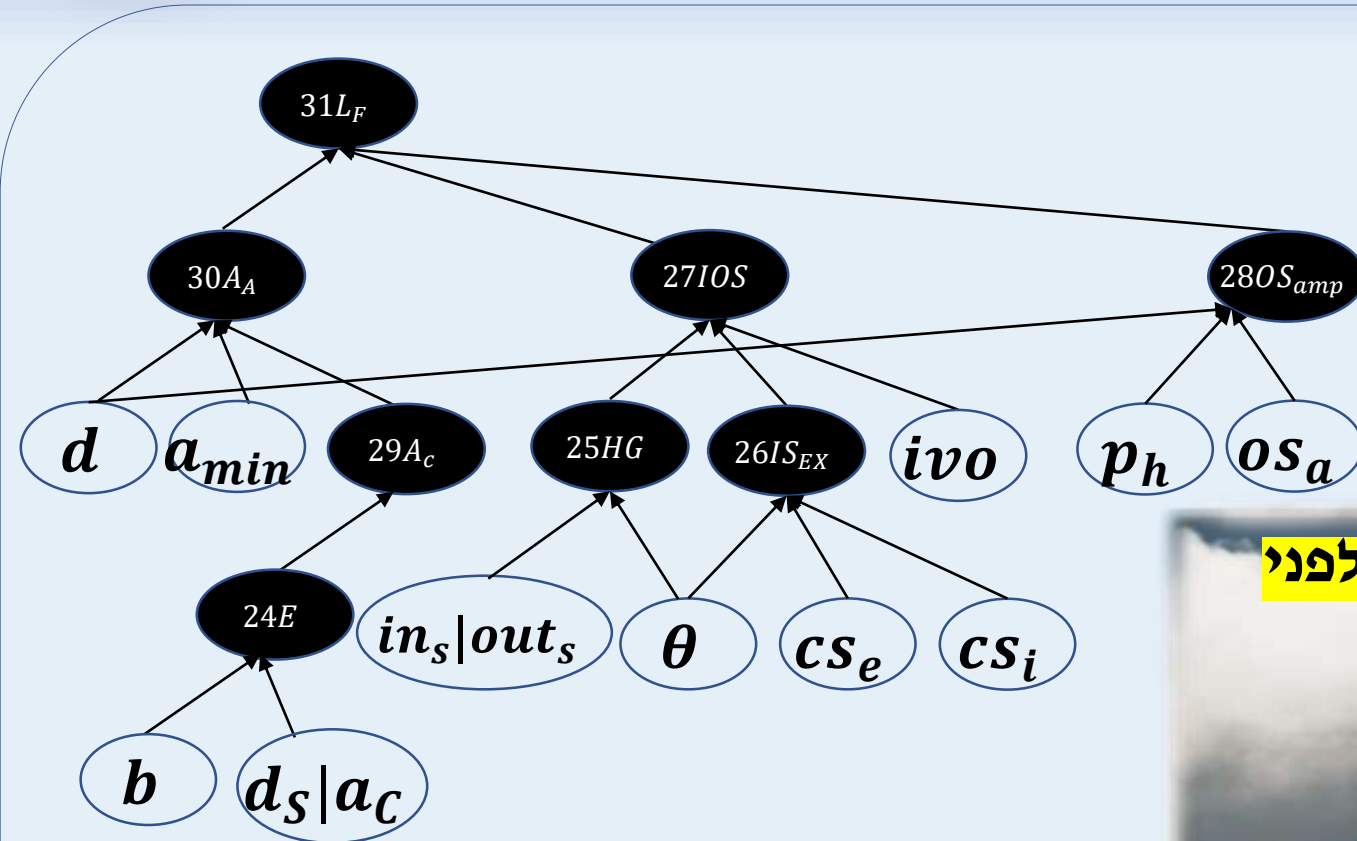
חדש עבור פיקסל אחד בלבד, מכל 4\*4

פיקסלים]

## המחשת השיפור

לפני

אחרי



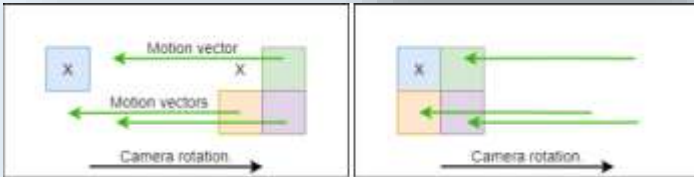


# אלגוריתם ההצגה למסך Render pipeline



## המחשות

1	9	3	11
13	5	15	7
4	12	2	10
16	8	14	6



## אלגוריתם

1. חשב את צבע הענן בכל פיקסל עבור פיקסל יחיד בכל ריבוע של  $4 \times 4$ , בסדר "אלכסוני".
2. שמור רק את הפיקסלים שחישבת מחדש ב-render target.
3. שמור ערך עומק (לא צפיפות) עבור כל פיקסל במסך (שימוש בשלבים הבאים)
4. חשב render target נוסף שמטרתו היא שמירת motion vectors
  - התמונה תשמור את התזוזה בציר X בערוץ האדום, וכנ"ל עבור Y בערוץ הירוק.
  - ניעזר בערכי העומק ובערכי תזוזת המצלמה כדי לחשבה.
5. הצג את הפיקסלים החדשים שחישבת עם הצבע העדכני, ועבור השאר:
  - היעזר ב-motion vector בשביל להבין היכן לבצע re-projection עבורם.
6. השתמש בערכי העומק משלב 3 כדי לשלב את העננים נכון בכלל הסצנה
  - צלליות- יחושבו במעבר render נוסף (לא בזה שמוצג בשקף).
  - מכל משטח- צעדים גדולים לכיוון השמש ברבע רזולוציה



# אופטימיזציות

4

$$t_{tot} = p \times (n \times t_{d0} + n \times s_n \times t_{d1})$$



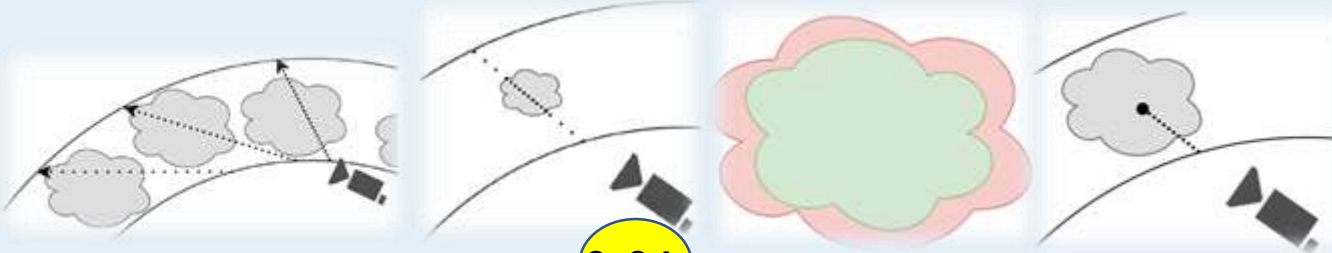
$P$  • כמות הפיקסלים שיש לחשב

$n$  • כמות הצעדים מהמצלמה לעבר הענן

$t_{d0}$  • זמן שלוקח לדגום צפיפות בכל צעד בדרך לענן מהמצלמה

$s_n$  • כמות הצעדים מנקודה בענן לעבר השמש

$t_{d1}$  • זמן שלוקח לדגום צפיפות בכל צעד בדרך לשמש מהענן



0.04

$$step_{new} = step_{orig} + dist_{start} \times inc_{rate}$$

$$miplevel = Integer(i \times 0.5)$$

1. צמצום הטווחים שבהם תתבצע צעידת הקרניים ( $n$ )

2. עדכון אורך הצעדים לענן בהתאם לסצינה ( $n$ )

3. עדכון הצעדים מהענן לשמש ( $s_n = 4$ )

4. צמצום זמני חישוב בדרך לשמש ( $t_{d1}$ )

ערכים רצויים עקב פרק הניסויים:



# שילוב עננים "מציאותיים" בסימולציות



## סיכום

מצב הקוד כיום:

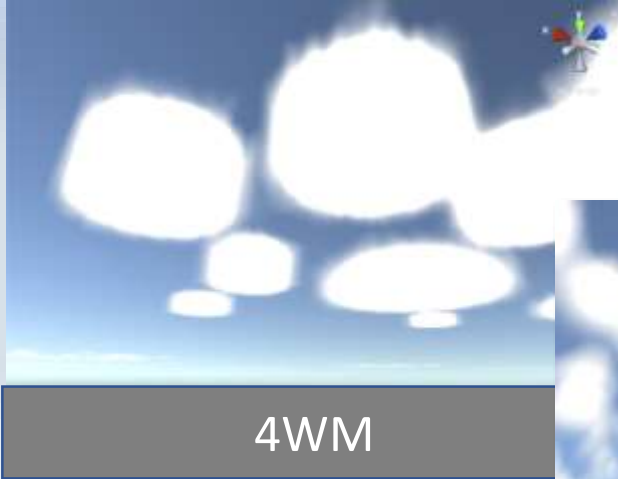
ממומש: יצירת עננים, עיצוב צורת העננים, raymarching בסיסי

ממומש חלקית: אופטימיזציות raymarching

Future Work:

מימוש התאורה

מימוש reprojection





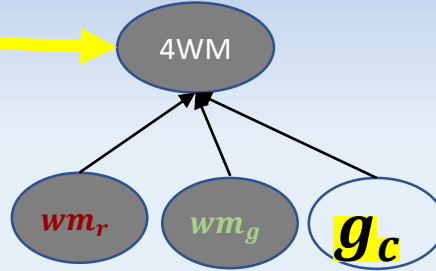
# יצירה ושילוב צורות העננים

## משתנים וטקסטורות

$g_c$  Global coverage



## פונקציות



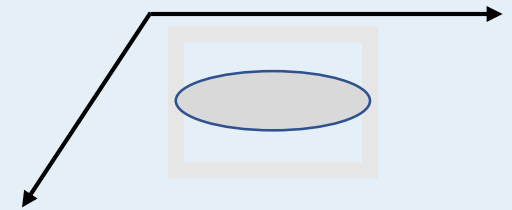
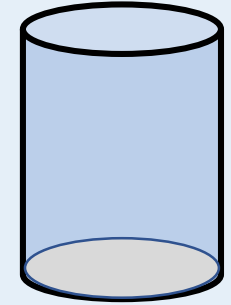
## אלגוריתם

1. היכן עננים יכולים להיווצר?

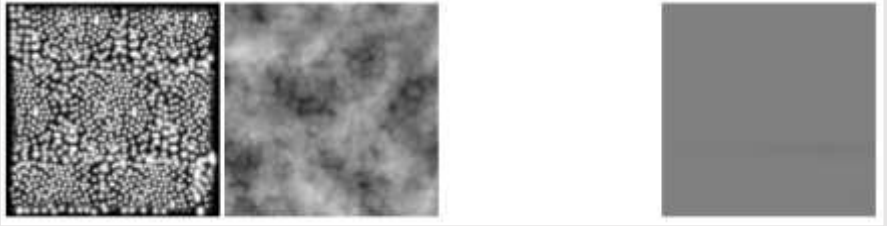
• יצירת ריבוע שטוח במישור

המקביל לריצפה, המייצג

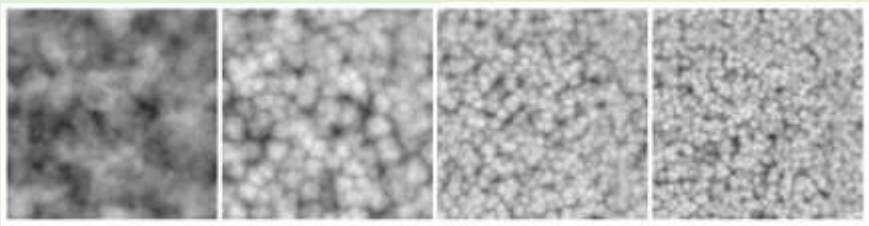
"עיגולים" מלאי חומר בצפיפות ובגובה משתנה



WM 512 \* 512



128SN 128\*128\*128



32DN

32\*32\*32

