

?????

האוניברסיטה העברית בירושלים  
ביה"ס להנדסה ומדעי המחשב

מבחן בגרפיקה ממוחשבת

קורס מס' 67609

תאריך: 23.5.2008

זמן: 2.5 שעות

מועד ב' תשס"ח

המרצה: פרופ' דני לישצ'ינסקי

ענו על כל השאלות בחלק א' וכן על שלוש מתוך ארבע השאלות בחלק ב'. נסחו את תשובותיכם באופן מדויק ובהיר ככל האפשר. המבחן הוא בחומר סגור – אין להשתמש בשום חומר עזר. לא תינתנה שום הארכות בזמן המבחן – אנא תכננו את חלוקת הזמן לשאלות בהתאם.

## חלק א' (40 נקודות)

עבור כל אחת מן הטענות הבאות, רשמו האם הטענה נכונה או לא נכונה לדעתכם, בתוספת נימוק שאורכו רצוי שלא יעלה על משפט אחד (2 שורות). ערך כל תשובה נכונה: 2 נקודות.

1. רוטציות (סיבובים) במרחב התלת-מימדי אינן טרנספורמציות קומוטטיביות.
2. הטלת פרספקטיבה מוגדרת היטב גם עבור נקודות מאחורי מרכז ההטלה.
3. טרנספורמציית השיקוף הינה מקרה פרטי של סילום (scaling).
4. במישור הפרוייקטיבי  $(P^2)$  השלשות  $(x, y, z)$  ו- $(ax, ay, az)$  מתאימות לאותה נקודה ב-2D.

5. המטריצה הבאה

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

מבצעת טרנספורמציית פרספקטיבה.

6. ב-OpenGL הטלה מקבילה מטופלת כמקרה פרטי של הטלת פרספקטיבה.
7. מיון עומק לצורך הסרת משטחים נסתרים מובטח להתקיים אם הסצינה מורכבת מפוליגונים קמורים שאינם נחתכים.
8. תוך כדי בניית עץ BSP מספר הפוליגונים בסצינה יכול לגדול בפקטור הגדול מ-2.
9. תאי ה-Cones בעין מרוכזים בעיקר בעדשת העין.
10. אחת הסיבות שבגללן לא ניתן לבנות מסך שיוכל להציג את כל הצבעים הנראים נעוצה בצורתה של דיאגרמת ה-Chromaticity של CIE.

11. ככל שנקודה היא קרובה יותר לשפת ה-CIE chromaticity diagram כך היא מייצגת צבע רווי יותר.
12. למרות שהמעבר בין XYZ לבין Lab איננו ליניארי, ישנה טרנספורמציה ליניארית בין Lab לבין RGB.
13. מרחב ה-CIE XYZ איננו אחיד מבחינה תפישתית משום שהנקודה המייצגת את הצבע הלבן איננה נמצאת במרכז הדיאגרמת ה-chromaticity.
14. על גבי קונוס הצבעים של מרחב ה-HSV, המעטפת החיצונית של הקונוס מתארת אך ורק צבעים ספקטראליים טהורים.
15. עקום Bezier המוגדר ע"י שש נקודות בקרה, יכול לחתוך קרן לכל היותר חמש פעמים.
16. ניתן לחשב גם את הוקטור המשיק לנקודה על גבי עקום Bezier באמצעות אלגוריתם de Casteljau.
17. חישוב נקודה ע"ג משטח Bezier בי-קובי ניתן למימוש באמצעות חמישה חישובי נקודה ע"ג עקום Bezier קובי.
18. הפעלת bump mapping על משטח אינה משנה את קבוצת הפיקסלים אשר המשטח מכסה על המסך.
19. שימוש בקואורדינטות טקסטורה מחוץ לתחום  $[0,1]$  איננו חוקי ב-OpenGL.
20. ניתן לחשב את נקודות החיתוך בין קרן לכדור באמצעות פתרון משוואה ריבועית.

## חלק ב' (60 נקודות)

ענו על שלוש מתוך ארבע השאלות הבאות. יינתנו נקודות גם על תשובות חלקיות, לכן יש להסביר ולנמק את דרך החשיבה.

### I. צבע (20 נקודות)

- א. שרטטו את ה-CIE chromaticity diagram, וסמנו על גביה את הנקודה הלבנה, האדומה, הירוקה והכחולה של צג מחשב טיפוסי. סמנו את הגאומט של הצג הנ"ל.
- ב. נתון משטח שתחת תאורה מסוימת נראה צהוב ואילו תחת תאורה אחרת נראה שחור. הסבירו כיצד הדבר אפשרי (היעזרו בשרטוטים של ספקטרומים).
- ג. במהלך צביעת ביתכם נגמר לכם הצבע. אתם רצים לחנות עם חתיכת קיר צבועה ובוחרים צבע שנראה זהה לחלוטין, אך בבית מסתבר כמובן שבכל זאת יש הבדל נראה לעין בין הצבעים. כיצד זה ייתכן ומה היה ניתן לעשות (לפחות בתיאוריה) על מנת לוודא שתהיה התאמה מושלמת.



## II. עקומים (20 נקודות)

נקודה על המסלול

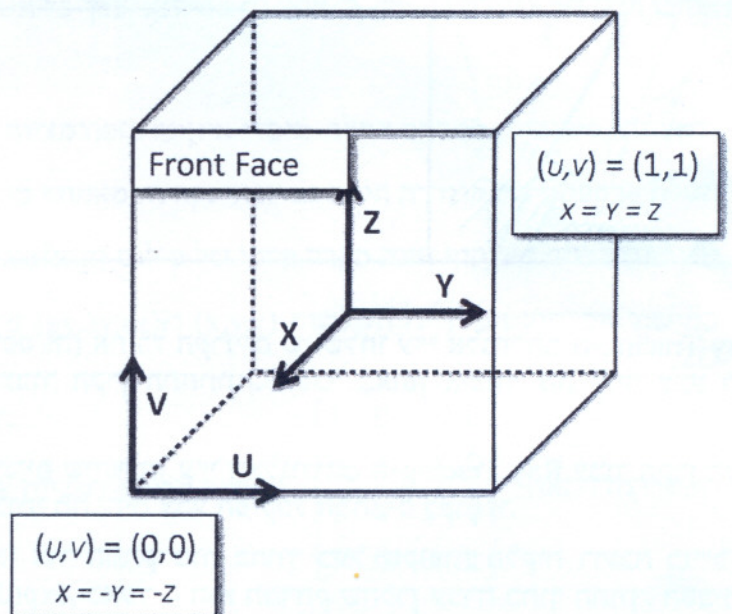
נתונה הדרך הבאה להגדיר עקום ע"י ארבע נקודות בקרה  $P_0, P_1, P_2, P_3$ :

$$C(t) = 0.5(2P_1 + (-P_0 + P_2)t + (2P_0 - 5P_1 + 4P_2 - P_3)t^2 + (-P_0 + 3P_1 - 3P_2 + P_3)t^3)$$

- הראה כי עקום זה עובר לפחות דרך שתיים מנקודות הבקרה המגדירות אותו.
- רשום נוסחה הנותנת את הווקטור המשיק לעקום הנ"ל. מהם הווקטורים המשיקים לעקום בתחילתו ובסופו?
- האם העקום המוגדר באופן הנ"ל ניתן לייצוג מדויק באמצעות עקום Bezier בעל ארבע נקודות בקרה? אם תשובתך שלילית, נמק/הוכח, ואם היא חיובית הסבר כיצד תחשב את ארבעת נקודות ה-Bezier.

## III. Texture Mapping (20 נקודות)

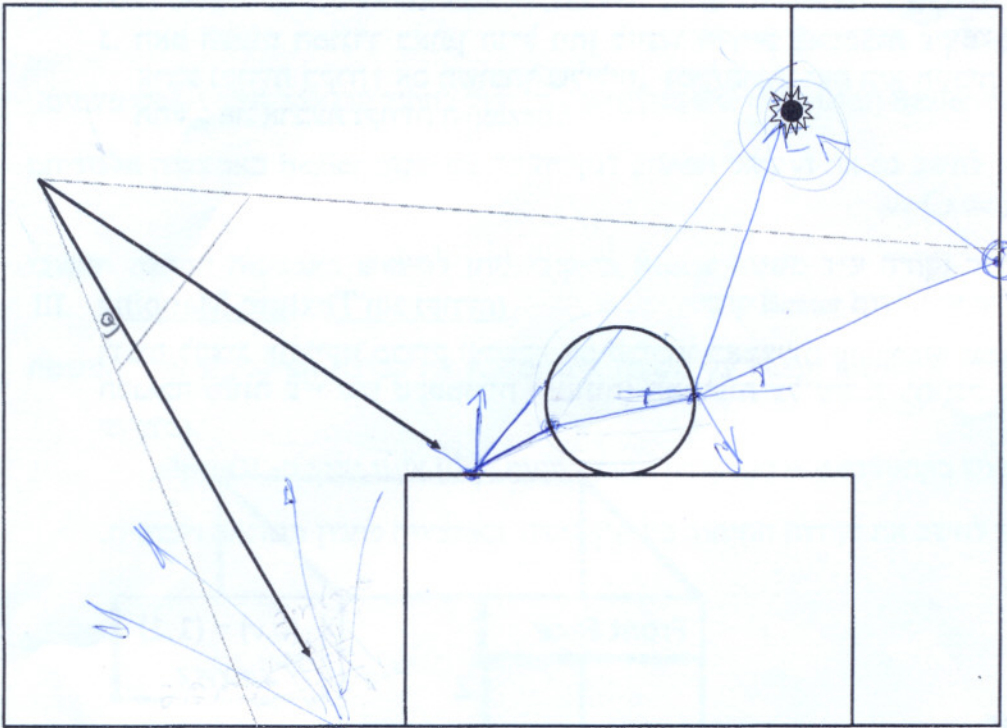
רוצים להציג אובייקט מבריק המשקף את סביבתו באמצעות Environment Mapping. הסביבה נתונה ע"י שש טקסטורות (תמונות) הממופות על שש פאות של קוביה (ראה שרטוט).



- הסבר כיצד יש לקבוע לכל קודקוד (תוך התחשבות במיקום הצופה) באיזו משטח הטקסטורות יש להשתמש.
- בהנחה שמצאנו שיש להשתמש בפאה הקדמית (ראה שרטוט), כיצד תחשב את קואורדינטות הטקסטורה לכל קודקוד?
- נתונה סצינה שבה הרצפה היא מישור איסופי. בהנחה שהחומרה הגרפית אינה תומכת באפקט של ערפל (fog), כיצד ניתן בכל זאת להציג את המישור הנ"ל עם אפקט זה.

#### IV. Ray Tracing (20 נקודות)

נתונה הסצינה המופיעה בשרטוט. בסצינה מקור אור נקודתי בודד, הקירות והרצפה עשויים חומר דיפוזי (למברטי) מושלם. הכדור עשוי זכוכית בעלת מקדם שבירה השונה מזה של האויר. המשטח עליו מונח הכדור הינו משטח בעל מרכיב ספקולרי (מבריק) וכן מרכיב דיפוזי (למברטי). על גבי השרטוט מסומנות שתי קרניים הנשלחות מנק' המבט אל תוך הסצינה.



א. צייר (על גבי טופס זה) את כל הקרניים שיישלחו ע"י אלגוריתם ה-Ray Tracing כפי שנלמד בקורס עבור הקרן התחתונה. הסבר באופן איכותי מה יהיה צבע הפיקסל המתאים לקרן זו.

ב. צייר את כל הקרניים שיישלחו ע"י האלגוריתם ה-Ray Tracing עבור הקרן העליונה. הסבר באופן איכותי מה יהיה צבע הפיקסל המתאים לקרן זו.

ג. עוצמתן של קרני אור המתקדמות בתווך בעל שקיפות חלקית דועכת בד"כ באופן פרופורציוני ל  $\exp(-d)$ , כאשר  $d$  הוא המרחק שהקרן עברה בתוך התווך. הסבירו כיצד תשנו את אלגוריתם ה-Ray Tracing ע"מ לקחת זאת בחשבון.