הטכניון – הפקולטה למדעי המחשב **חורף תשע"ח**
גרפיקה ממוחשבת – 234325 **13/02/2018**

מרצה: פרופ' מירלה בן חן
מתרגלת: דניאל עזוז

מבחן סיום

שם: ______________________________

מס' סטודנט: ______________________

הנחיות:

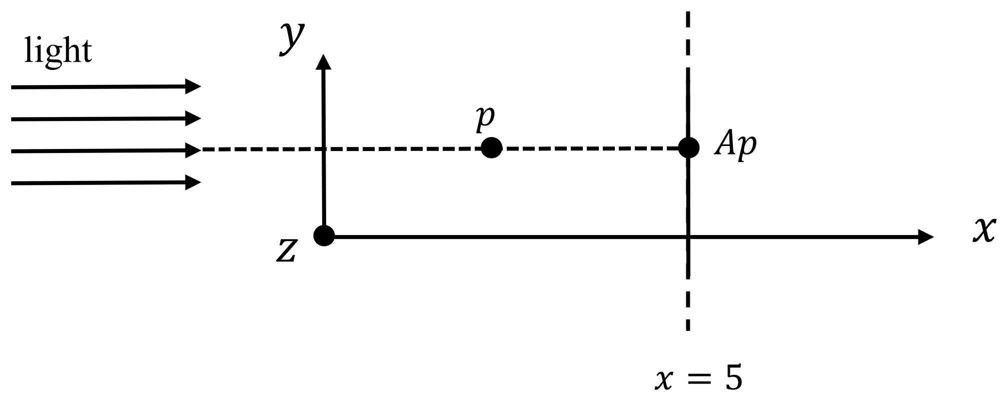
- בבחינה שלפניכם 7 דפים כולל דף זה. בדקו זאת.
- **עליכם לענות על כל 4 השאלות.**
- מומלץ לקרוא ראשית כל שאלה עד סופה, ורק אח"כ לענות.
- כתבו בקצרה. כל המאריך גורע!
- **משך הבחינה: 180 דקות.**
- יש להקפיד על כתיבה ברורה ומסודרת של התשובות.
- אם הנכם מוצאים צורך להניח הנחות כלשהן, ציינו אותן במפורש ונמקו.
- מותר השימוש בכל חומר עזר כתוב או מודפס (לא אלקטרוני).

בהצלחה!

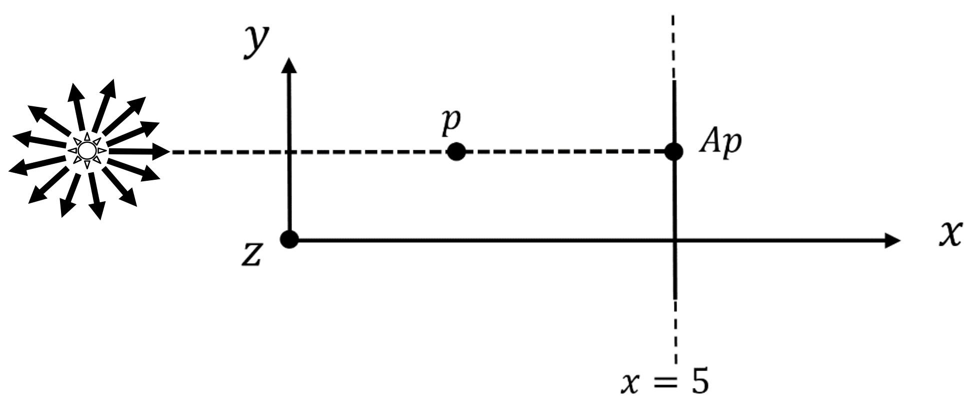
שאלה	נקודות	
1	25	
2	25	
3	25	
4	25	
סה"כ	**100**	

שאלה 1 – טרנספורמציות (25 נק')

א. (8 נק') מקור אור מקבילי בכיוון ציר x מקרין אור על קיר מישורי אינסופי, שמקביל למישור y-z ב x = 5. כתבו במפורש את מטריצת ההטלה של האור על הקיר, פרטו את דרך החישוב.
מטריצת ההטלה של האור על הקיר היא מטריצה A כך שהמכפלה Ap נותנת את הנקודה על הקיר בה תפגע קרן האור שעוברת דרך p.
הניחו שהנקודה p מיוצגת בקואורדינטות הומוגניות.



ב. (8 נק') חזרו על סעיף א' עבור מקור אור נקודתי בקואורדינטות $(x = -2, y = 3, z = 1)$. ניתן להניח שקואורדינטת ה x של p היא בתחום $(-2,5)$.



ג. (9 נק') עבור הסעיפים א',ב', האם קווים שהיו מקבילים לפני ההטלה יישארו מקבילים לאחר ההטלה? הוכיחו או הראה דוגמא נגדית.
ניתן לייצג שני קווים מקבילים l_1, l_2 על-ידי וקטור v ושתי נקודות p_1, p_2 באופן הבא:

$$l_1(t) = p_1 + tv$$
$$l_2(t) = p_2 + tv$$

שאלה 2 – OpenGL (25 נק')

א. (7 נק') נתונים ה – vertex shader ו-fragment shader הבאים:

```
// Code of vshader.glsl:
in vec3 position;
in vec3 normal;
out vec3 fNormal;
void main()
{
    gl_Position = position;
    fNormal = normal;
}
```

```
// Code of fshader.glsl:
in vec3 fNormal;
out vec4 fColor;
void main()
{
   vec3 dir = vec3(0,1,0);
   vec3 color = vec3(1,1,0);
   fColor = vec4((.5 + dot(fNormal,dir)) * color, 1.0);
}
```

1. תארו את פעולתם, יש להתייחס למקורות תאורה, שיטת shading ו – illumination.

2. נתון fragment shader חדש בשם fshader_new. האם ניתן לכתוב vertex shader חדש, בשם vshader_new, כך ששני ה-shaders החדשים יובילו לתוצאה זהה ל – vshader, fshader? אם ניתן, כתבו את הקוד של vshader_new.glsl, אם לא, נמקו.

```
// Code of fshader_new.glsl:
in vec4 fColor_in;
out vec4 fColor_out;
void main()
{
   fColor_out = fColor_in;
}
```

ב. (7 נק') נתונים ה – vertex shader ו-fragment shader הבאים:

```
// Code of vshader2.glsl:
in vec4 pos;
in vec3 normal;
out vec3 fNormal;
out vec3 ldir;
out vec3 vdir;
void main()
{
    gl_Position = pos;
    fNormal = normal;
    vdir = normalize(-pos.xyz/pos.w);
    ldir = normalize(vec3(1,5,3) -pos.xyz);
}
```

```
// Code of fshader2.glsl:
in vec3 fNormal;
in vec3 ldir;
in vec3 vdir;
out vec4 fColor;
void main()
{
    vec3 color = vec3(1,1,0);
    vec3 r = normalize(-ldir + 2.*dot(fNormal,ldir)*fNormal);
    fColor = vec4(pow(dot(vdir,r),5.)*color, 1.0);
}
```

1. תארו את פעולתם, יש להתייחס למקורות תאורה, שיטת shading ו – illumination.

2. האם ניתן לכתוב vertex shader חדש, בשם vshader2_new, כך שביחד עם fshader_new מסעיף א' יתנו תוצאה זהה ל – vshader2, fshader2?
אם ניתן, כתבו את הקוד של vshader2_new.glsl, אם לא, נמקו.

ג. (5 נק') תארו את השיטה normal mapping.

ד. (6 נק') האם ניתן לממש normal mapping בעזרת fshader_new מסעיף א'?
אם כן, כתבו vertex shader מתאים, אם לא, נמקו.

שאלה 3 – סיבובים בתלת ממד (25 נק')

א. (5 נק') נתונה מטריצת סיבוב $R \in \mathbb{R}^{3\times3}$, וכן וקטור $v \in \mathbb{R}^3$ שאורכו 1. כיצד ניתן לבדוק האם v הוא ציר הסיבוב של R?

ב. (5 נק') נתון וקטור $u \in \mathbb{R}^3$, וקוואטרניון $q_u = [0, u]$. האם ייתכן ש q_u מייצג סיבוב בתלת מימד? אם כן, מהו התנאי על u, ומה ציר וזווית הסיבוב? אם לא, נמק מדוע לא.

בהינתן וקטור $u \in \mathbb{R}^3$ שאורכו 1, וזווית $\theta \in [0,2\pi)$, נגדיר את המטריצה $R(\theta, u) \in \mathbb{R}^{3\times3}$ כמטריצה המסובבת בזווית θ מסביב לציר הסיבוב u, ואת $q(\theta, u) \in \mathbb{R}^4$ בתור הייצוג הקוואטרניוני של אותה פעולת סיבוב.
נתונים שני וקטורים $u, v \in \mathbb{R}^3$, שניהם באורך יחידה, ושתי זוויות $\theta_u, \theta_v \in [0,2\pi)$.

ג. (5 נק') נתונות מטריצות הסיבוב $R_u = R(\theta_u, u)$ ו $R_v = R(\theta_v, v)$. האם ייתכן שקיימים w, θ_w כך ש: $R_w = R(\theta_w, w) = R_u R_v = R_v R_u$? אם כן, מהו התנאי על u, v, ומהם w, θ_w? אם לא, נמק מדוע לא.

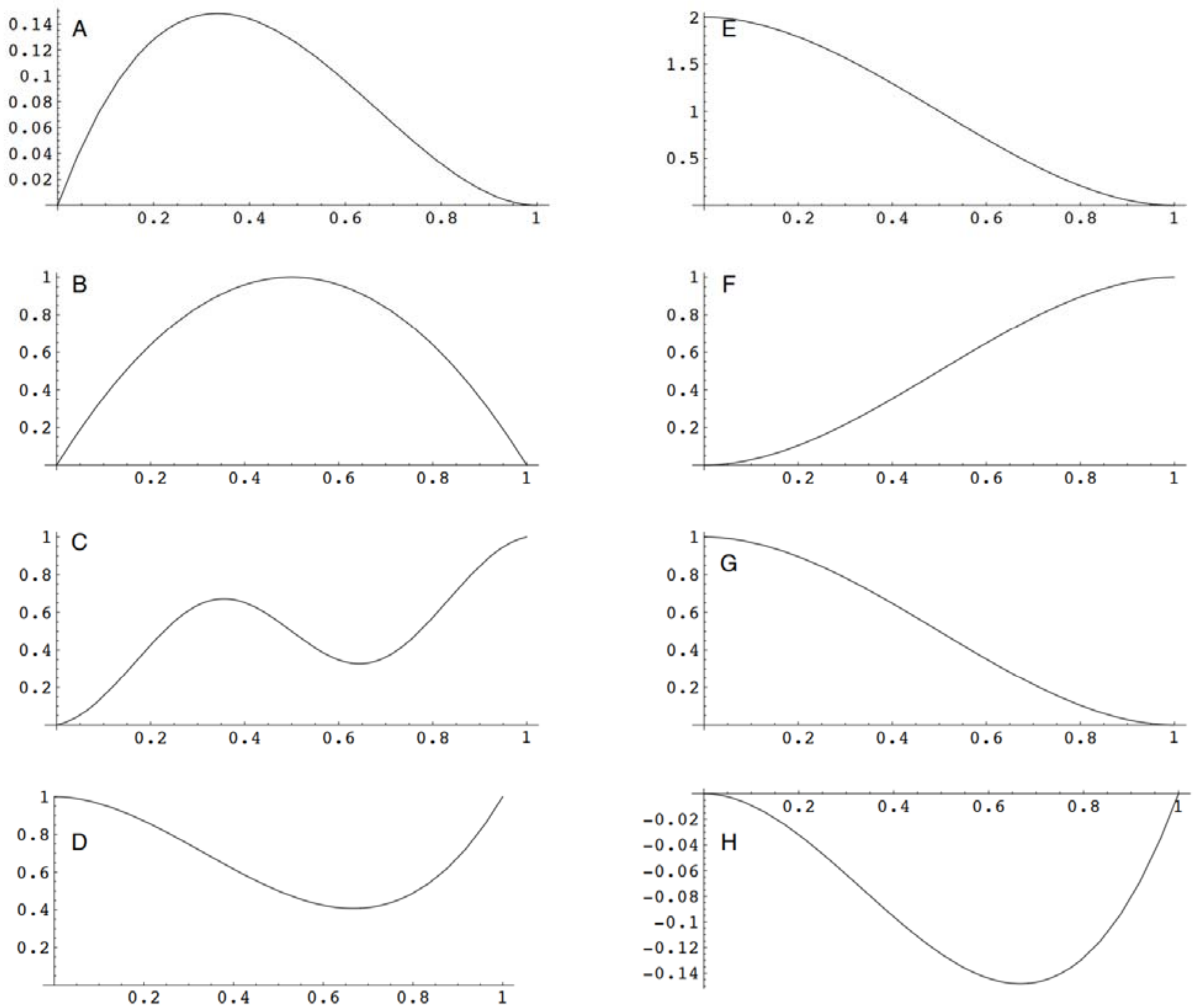
ד. (5 נק') נתונים הקוואטרניונים $q_u = q(\theta_u, u)$ ו $q_v = q(\theta_v, v)$. מהו ציר הסיבוב של הקוואטרניון $q_u q_v$?

ה. (5 נק') נתונים הקוואטרניונים q_u, q_v. לכל אחד מהביטויים הבאים ציין מה הבעייתיות בשימוש בביטוי עבור אינטרפולציה בין הסיבובים R_u, R_v.

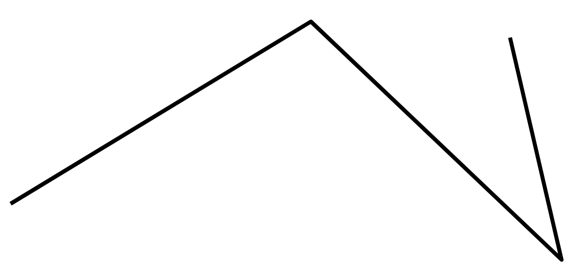
1. $q_1(t) = (1-t)q_u + tq_v$
2. $q_2(t) = \frac{q_1(t)}{|q_1(t)|}$, כש $q_1(t)$ מוגדר כמו ב 1.

<u>**שאלה 4 – עקומים ומשטחים פרמטריים (25 נק')**</u>

א. (8 נק') נתונות מספר פונקציות. לכל פונקציה סמנו האם היא אחת מפונקציות הבסיס של עקומת הרמיט קובית. אם כן, ציינו בנוסף על איזו תכונה גיאומטרית של העקום שולטת פונקציית בסיס זו. אם לא, ציינו איזו תכונה של הפונקציה המצוירת מונעת ממנה להיות אחת מפונקציות הבסיס.



ב. (4 נק') נתון ה control polygon הבא. ציירו את עקומת הבזייה המתקבלת. מה דרגתה?



ג. (13 נק') נתונות 6 נקודות, $P_{00},..,P_{21} \in \mathbb{R}^3$, כפי שמשורטט בדוגמא.
נגדיר שני Bilinear Patch, אחד $P(u,v)$ על ארבע הנקודות $P_{00},P_{01},P_{10},P_{11}$, והשני $Q(u,v)$ על ארבע הנקודות $P_{10},P_{11},P_{20},P_{21}$.

1. מה הרציפות (continuity) בין $P(u,v)$ ל $Q(u,v)$? נמק.
2. האם קיים תנאי על שש הנקודות כך שהרציפות תהיה גבוהה יותר מזו שציינת? אם כן, ציין מהו התנאי ומה הרציפות. אם לא, נמק מדוע לא.
3. תנו דוגמא למשטח אחר אותו ניתן לבנות באמצעות 6 הנקודות שייתן רציפות גבוהה יותר. מה דרגתו ומה רציפותו?