학과 _____ 학번 _____ 이름 _____

중간고사

담당교수: 박경신

- **답은 반드시 답안지에 기술할 것. 공간이 부족할 경우 반드시 답안지 몇 쪽의 뒤에 있다고 명기한 후 기술할 것. 그 외의 경우의 답안지 뒤쪽이나 연습지에 기술한 내용은 답안으로 인정 안 함. 답에는 반드시 네모를 쳐서 확실히 표시할 것.**
- **답안지에 학과, 학번, 이름 외에 본인의 암호를 기입하면 성적공고시 학번 대신 암호를 사용할 것임.**

1. 다음 문제에 간단히 답하시오. (30점)

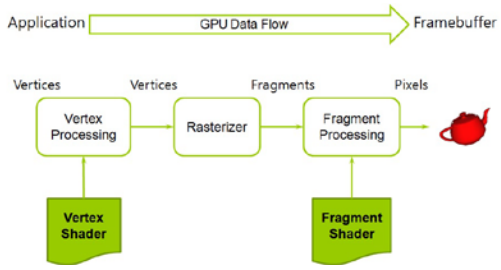
1) **아핀 공간 (Affine Space)과 벡터 공간 (Vector Space)을 간단히 서술하라. (5점)**

2) **+y 축이 화면의 안쪽으로 들어가는 방향, +z가 화면의 위쪽을 향하는 방향일 때 오른손 좌표계(Right Hand Coordinate System)에서 +x 축이 가리키는 방향이 어느 곳인지 x, y, z 축을 그리시오. 그리고 각 축에서 회전 방향 (오른손 좌표계에서는 회전은 반시계방향)을 그리시오. (5점)**

3) **Pinhole-Camera Model과 Synthetic-Camera Model에 대해 간단히 서술하라. 이 두 카메라 모델에서 물체(Object), 이미지 평면(Image Plane), 투영선(Projection), 카메라 중심(Center of Projection)을 그림으로 나타내어 비교하라. (5점)**

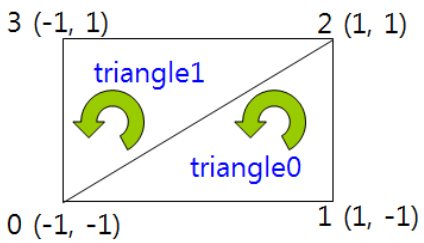
학과 _____ 학번 _____ 이름 _____

4) **Modern OpenGL (OpenGL 3.x)의 Programmable Graphics Pipeline에서 사용하는 Vertex Shader와 Fragment Shader를 설명하라. (5점)**



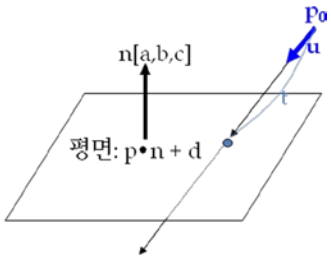
5) **Modern OpenGL 렌더링을 하기 위해 사용하는 Vertex Array Object (VAO), Vertex Buffer Object (VBO), Index Buffer Object (IBO)이 무엇인지 간단히 설명하라. (5점)**

6) **다음 OpenGL에서 삼각형 2개를 사용하여 사각형(Square)을 그릴 때, glDrawArrays (GL_TRIANGLES, 0, 6)나 glDrawElements(GL_TRIANGLES, 6, GL_UNSIGNED_INT, 0)를 사용할 수 있다. 아래의 그림을 사용하여 이 두 가지 방식의 차이점을 설명하라. (5점)**



학과 _____ 학번 _____ 이름 _____

2. 다음은 벡터(Vector), 평면(Plane), 광선(Ray)에 관한 질문이다. (25점)



$$t = \frac{-(p_0 \cdot n + d)}{u \cdot n}$$

$$p(t) = p_0 + \frac{-(p_0 \cdot n + d)}{u \cdot n} u$$

1) **벡터 (0, 3, -4)와 벡터 (4, -3, 0)의 내적(dot product)을 구하시오. (3점)**

2) **벡터 (0, 3, -4)와 벡터 (4, -3, 0)의 외적(dot product)을 구하시오. (3점)**

3) **벡터 v (4, 3, -1)가 n (0, 1, 0)에 평행한 $v_{\parallel}$를 계산하시오. (3점)**

4) **벡터 v (4, 3, -1)가 n (0, 1, 0)에 수직인 $v_{\perp}$를 계산하시오. (3점)**

5) **평면 y = 0 일 때 평면의 법선 벡터 n은 무엇인가? (3점)**

6) **점 Q (2, 1, -1)은 평면 y=0의 바깥쪽, 안쪽, 아니면 평면에 있는 점인가? (3점)**

7) **점 Q (2, 1, -1)가 평면 y = 0에서 가장 가까운 평면의 점은 무엇인가? (3점)**

8) **광선 v는 시작 점이 P_0=(0, 1, -2)이고 방향은 u=(1, 1, 1)이다. 광선 v가 평면 y = 0을 만나는 점은 무엇인가? 계산 과정을 보여라. (4점)**

학과 _____ 학번 _____ 이름 _____

3. 다음은 행렬에 관한 질문이다. (20점)

1) 다음 GLM 변환 함수가 만들어 내는 3차원 아핀 변환 행렬 (4x4 matrix) **T, R, S**를 구하라. (cos 90 = 0, sin 90 = 1)

```
glm::mat4 T = glm::translate(glm::mat4(1.0f), glm::vec3(0, 1, 0));
glm::mat4 R = glm::rotate(glm::mat4(1.0f), 90.0f, glm::vec3(0, 0, 1));
glm::mat4 S = glm::scale(glm::mat4(1.0f), glm::vec3(-1, 1, 1));
```

$$T = \begin{pmatrix} & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \end{pmatrix} \quad R = \begin{pmatrix} & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \end{pmatrix} \quad S = \begin{pmatrix} & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \end{pmatrix}$$

2) 다음 3차원 아핀 변환 행렬 (4x4 matrix) **M1**을 구하라.

```
glm::mat4 M1 = T * R * S;
```

$M_1 =$

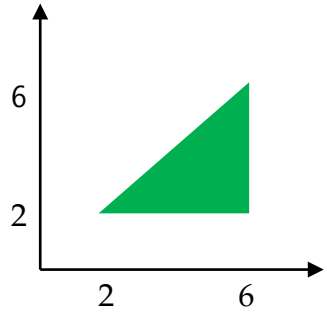
3) 다음 GLM 변환 함수가 만들어 내는 3차원 아핀 변환 행렬 (4x4 matrix) **M2**를 구하라.

```
glm::mat4 M2 = S * R * T;
```

$M_2 =$

학과 _____ 학번 _____ 이름 _____

4) 다음 삼각형에, 다음 3차원 아핀 변환 행렬 (4x4 matrix) **M3**과 **M4**를 적용하여 변환된 모습을 아래 네모 칸 안에 그려서 나타내라. **삼각형의 점 위치 값을 정확히 표시한다.**

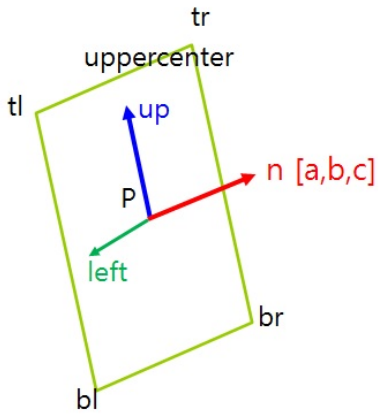


$$M_3 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$M_4 = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

4. 다음은 Quad 클래스 코드 일부이다. 다음 빈 칸을 채우시오. (10점)

```
void Quad::init() {
    glm::vec3 left = glm::cross(n, up);
    glm::vec3 uppercenter = _____
    glm::vec3 tl = _____
    glm::vec3 tr = _____
    glm::vec3 bl = _____
    glm::vec3 br = _____
    // face1
    vbo.addData(&bl[0], sizeof(glm::vec3));
    vbo.addData(&color[0], sizeof(glm::vec3));
    vbo.addData(&br[0], sizeof(glm::vec3));
    vbo.addData(&color[0], sizeof(glm::vec3));
    vbo.addData(&tr[0], sizeof(glm::vec3));
    vbo.addData(&color[0], sizeof(glm::vec3));
// 중간 생략...
}
```

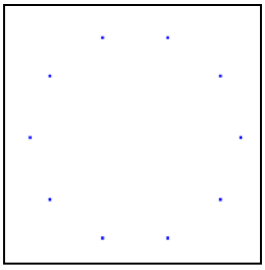


학과 _____ 학번 _____ 이름 _____

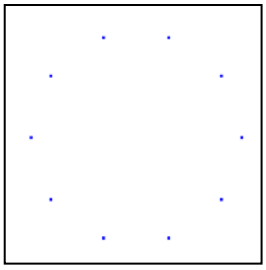
5. 다음 OpenGL 코드는 Circle 클래스의 일부이다. 만약 glDrawArrays(GL_POINTS,...) 대신 GL_LINES, GL_LINE_LOOP, GL_LINE_STRIP, GL_TRIANGLES, GL_TRIANGLE_STRIP, GL_TRIANGLE_FAN, GL_POLYGON 을 사용했을 때 실행 결과를 그려라. (15점)

```
void Circle::init() // radius = 0.5 & slices = 10
{
        glm::vec3 vertex;

        float theta = (float) (2*M_PI/slices);
        for (int i=0; i<=slices; i++)
        {
                vertex[0] = p[0] + radius * cosf(theta * i);
                vertex[1] = p[1] + radius * sinf(theta * i);
                vertex[2] = p[2];
                vbo.addData(&vertex, sizeof(glm::vec3));
                vbo.addData(&color, sizeof(glm::vec3));
        }
        numVertices = slices;

         // 중간 생략...
        isLoaded = true;
}

void Circle::draw()
{
        if (!isLoaded) return;
        glBindVertexArray(vao);
        glDrawArrays(GL_POINTS, 0, numVertices);
}
```

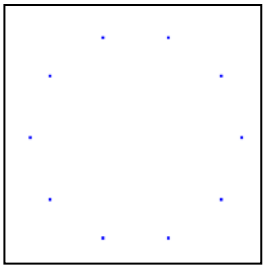
GL_POINTS



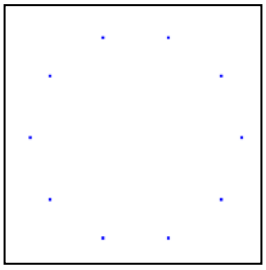
GL_LINES



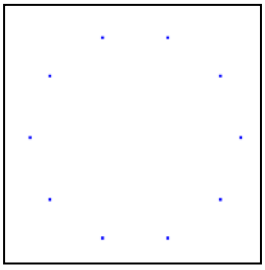
GL_LINE_LOOP



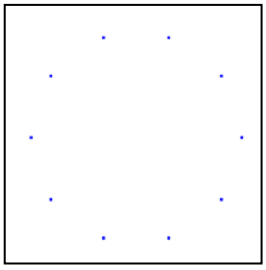
GL_LINE_STRIP



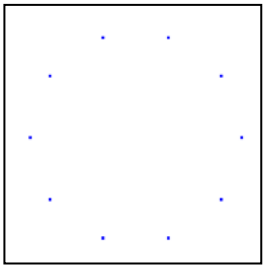
GL_TRIANGLES



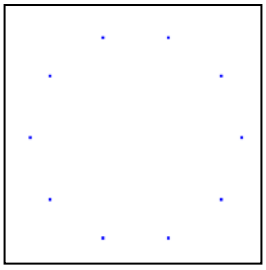
GL_TRIANGLE_STRIP



GL_TRIANGLE_FAN



GL_POLYGON



- 끝 -