주요 내용

1. **운동 방정식**:

$$\sum F = ma$$

- 질점에 작용하는 전체 힘은 질점의 질량과 가속도의 곱과 같음을 나타냅니다.

1. **접선과 법선 성분**:

- 원운동에서는 힘이 두 가지 성분으로 나뉩니다:
- **법선 방향 힘** ($\sum F_n$):

$$\sum F_n = ma_n = \frac{mv^2}{\rho}$$

- 여기서 v는 속도, ρ는 곡률 반경입니다.
- 법선방향 힘의 의미: 속도의 변화 중 방향변화의 힘을 의미

- **접선 방향 힘** ($\sum F_t$):

$$\sum F_t = ma_t = m\frac{dv}{dt}$$

- 여기서 a_t는 접선 방향 가속도를 나타냅니다.
- 접선방향 가속도의 의미 : 전체 물체의 가속도(속도의 시간변화율)를 결정

- **힘 성분**:
- 힘은 두 가지 성분으로 나뉩니다:
- **반경 방향 힘(법선방향 = 방향변화 힘)** ($\sum F_r$):

$$\sum F_r = ma_r = m(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2)$$

- 여기서 $\dot{r}$은 반경의 시간 변화율,$\dot{\theta}$는 각도의 시간 변화율입니다.
- **각 방향 힘(접선방향 = 전체 가속도 결정)** ($\sum F_\theta$):

$$\sum F_\theta = ma_\theta = m(r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta})$$

문제 설정

1. **주어진 식**:

- 각도 $\theta = 0.12t^2\,rad$
- 반경 $r = 1.0 - 0.1t^2\,m$
- 질량 $m = 0.3\,kg$

$t = 0$일 때 계산

- 반경 r :

$$r(0) = 1.0 - 0.1(0)^2 = 1.0\,m$$

- 속도 $\dot{r}$:

$$\dot{r} = -0.2(0) = 0\,m/s$$

- 가속도 $\ddot{r}$:

$$\ddot{r} = -0.2\,m/s^2$$

- 각도 θ:

$$\theta(0) = 0.12(0)^2 = 0\,rad$$

- 각속도 $\dot{\theta}$:

$$\dot{\theta} = 0.24(0) = 0\,rad/s$$

- 각가속도 $\ddot{\theta}$:

$$\ddot{\theta} = 0.24\,rad/s^2$$

힘 성분 계산

1. 반경 방향 가속도 a_r:

$$a_r = \ddot{r} - r\dot{\theta}^2 = -0.2 - 1 \cdot 0^2 = -0.2m/s$$

1. 각 방향 가속도 a_θ:

$$a_\theta = r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta} = 1 \cdot 0.24 + 2 \cdot 0 \cdot 0 = 0.24\,m/s^2$$

1. 반경 방향 힘 F_r:

$$F_r = ma_r = 0.3 \cdot -0.2 = -0.06\,N$$

1. 각 방향 힘 F_θ:

$$F_\theta = ma_\theta = 0.3 \cdot 0.24 = 0.072\ N$$

$t = 2.09$일 때 계산

1. 반경 r:

$$r(2.09) = 1.0 - 0.1(2.09)^2 \approx 0.563\ m$$

1. 속도 $\dot{r}$:

$$\dot{r} = -0.2(2.09) \approx -0.418\ m/s$$

1. 가속도 $\ddot{r}$:

$$\ddot{r} = -0.2\ m/s$$

1. 각도 θ:

$$\theta(2.09) = 0.12(2.09)^2 \approx 0.524\ rad$$

1. 각속도 $\dot{\theta}$:

$$\dot{\theta} = 0.24(2.09) \approx 0.502\ rad/s$$

1. 각가속도 $\ddot{\theta}$:

$$\ddot{\theta} = 0.24\ rad/s^2$$

힘 성분 계산

1. 반경 방향 가속도 a_r:

$$a_r = \ddot{r} - r\dot{\theta}^2 = -0.2 - 0.563(0.502)^2 \approx -0.342\ m/s^2$$

1. 각 방향 가속도 a_θ:

$$a_\theta = r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta} \approx 0.563(0.24) + 2(-0.418)(0.502) \approx -0.285\ m/s^2$$

1. 반경 방향 힘 F_r:

$$F_r = ma_r = 0.3 \cdot (-0.342) \approx -0.1026\ N$$

1. 각 방향 힘 F_θ:

$$F_\theta = ma_\theta = 0.3 \cdot (-0.285) \approx -0.0855\ N$$

결론

- 결과:
- $t = 0$일 때:

$$F_r = 0\ N$$

$$F_\theta = 0.072\ N$$

- $t = 2.09$일 때:

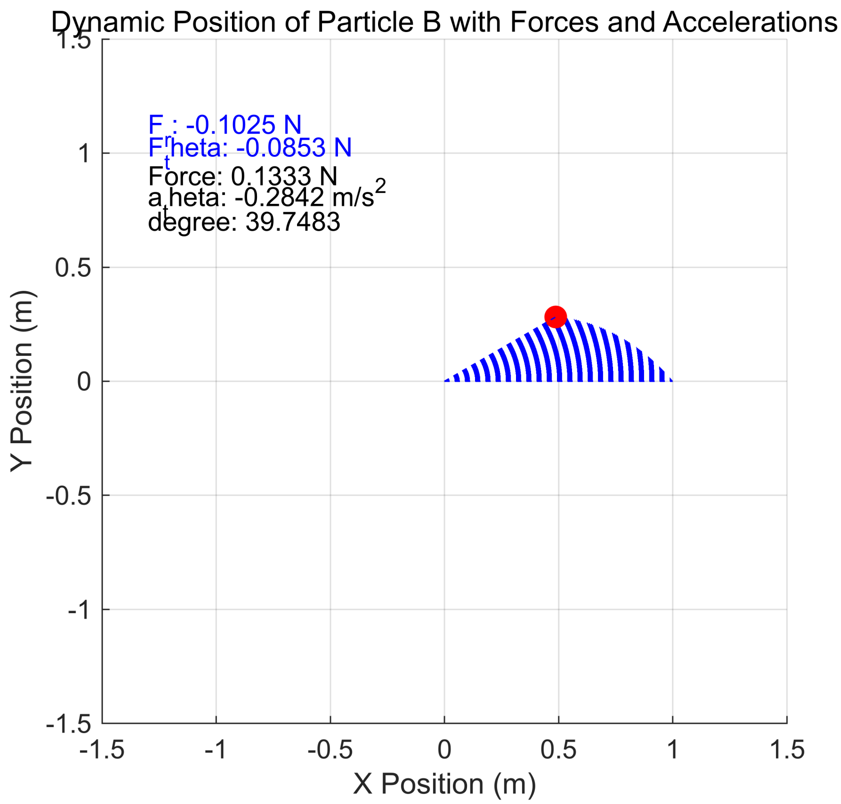
$$F_r \approx -0.1026\ N$$

$$F_\theta \approx -0.0855\ N$$

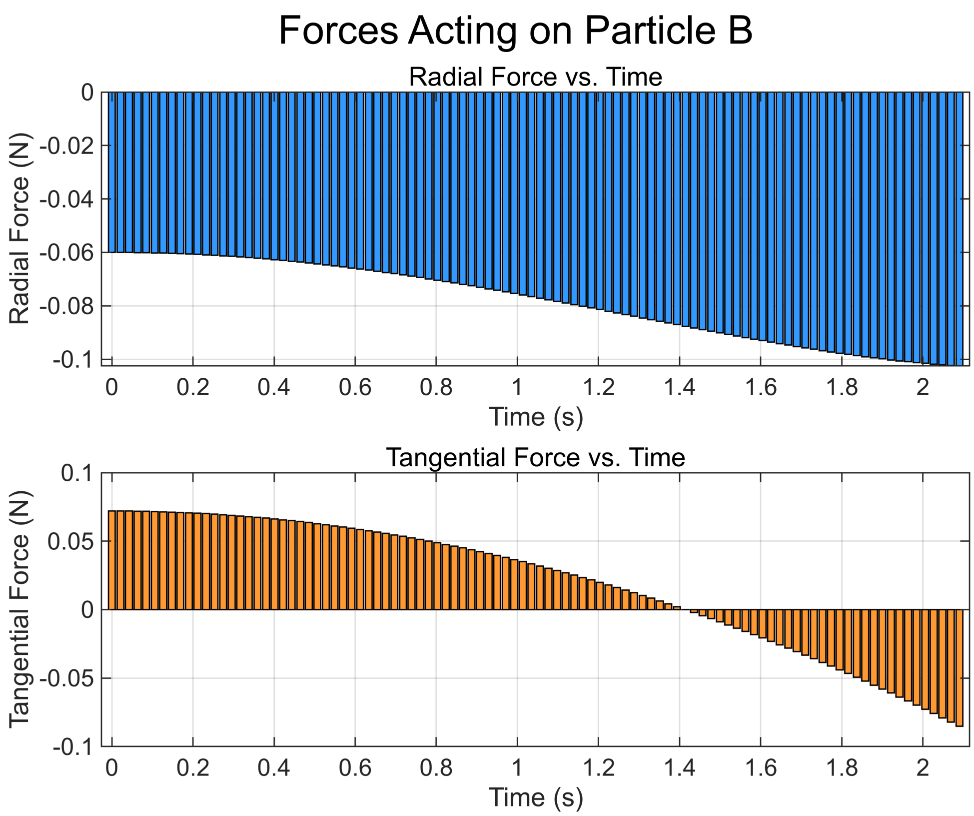
```
m = 0.3; % 질량 (kg)
t0 = 0; % 초기 시간
t1 = 2.09; % t = 2.09 s
num_points = 100;

t_values = linspace(t0, t1, num_points);

F_r = zeros(1, length(t_values));
F_theta = zeros(1, length(t_values));
Force = zeros(1, length(t_values));
r_values = zeros(1, length(t_values));
theta_values = zeros(1, length(t_values));
a_r = zeros(1, length(t_values));
a_theta = zeros(1, length(t_values));

for i = 1:length(t_values)
    t = t_values(i);

    r_values(i) = 1 - 0.1 * t^2;
    theta_values(i) = 0.12 * t^2;

    dot_r = -0.2 * t;
    ddot_r = -0.2;
    dot_theta = 0.24 * t;
    ddot_theta = 0.24;

    a_r(i) = ddot_r - r_values(i) * dot_theta^2;

    a_theta(i) = r_values(i) * ddot_theta + 2 * dot_r * dot_theta;
```

```
    F_r(i) = m * a_r(i);

    F_theta(i) = m * a_theta(i);
    Force(i) = sqrt(F_r(i)^2 + F_theta(i)^2);

    tan_theta(i) = abs(F_theta(i) / F_r(i));
    theta_rad(i) = atan(tan_theta(i));
    theta_deg(i) = theta_rad(i) * (180 / pi);
end

figure;

hold on;
axis equal;
xlim([-1.5, 1.5]);
ylim([-1.5, 1.5]);
xlabel('X Position (m)');
ylabel('Y Position (m)');
title('Dynamic Position of Particle B with Forces and Accelerations');
grid on;

% 애니메이션 루프
for i = 1:num_points
    x = r_values(i) * cos(theta_values(i));
    y = r_values(i) * sin(theta_values(i));

    if i > 1
        delete(h);
        delete(txt_r);
        delete(txt_theta);
        delete(txt_F);
        delete(txt_a_theta);
        delete(txt_tan);
    end

    h = plot(x, y, 'ro', 'MarkerSize', 8, 'MarkerFaceColor', 'r');

    plot([0, x], [0, y], 'b--'); % 막대 OA 표시

    txt_r = text(-1.3, 1.1, sprintf('F_r: %.4f N', F_r(i)), 'FontSize', 10,
'Color', 'b');
    txt_theta = text(-1.3, 1.0, sprintf('F_theta: %.4f N', F_theta(i)), 'FontSize',
10, 'Color', 'b');
    txt_F = text(-1.3, 0.9, sprintf('Force: %.4f N', Force(i)), 'FontSize', 10,
'Color', 'k');
    txt_a_theta = text(-1.3, 0.8, sprintf('a_theta: %.4f m/s^2', a_theta(i)),
'FontSize', 10, 'Color', 'k');
    txt_tan = text(-1.3, 0.7, sprintf('degree: %.4f', theta_deg(i)), 'FontSize',
10, 'Color', 'k');
```

```
    pause(0.1);
end

hold off;
```




```
figure;

% 반경 방향 힘 시각화
subplot(2, 1, 1);
bar(t_values, F_r, 'FaceColor', [0.2 0.6 1]);
xlabel('Time (s)');
ylabel('Radial Force (N)');
title('Radial Force vs. Time');
grid on;

% 각 방향 힘 시각화
subplot(2, 1, 2);
bar(t_values, F_theta, 'FaceColor', [1 0.6 0.2]);
xlabel('Time (s)');
ylabel('Tangential Force (N)');
title('Tangential Force vs. Time');
grid on;

sgtitle('Forces Acting on Particle B');
```



상단 그래프 (**Radial Force**):

- 시간에 따라 반경 방향 힘 F_r의 변화를 보여줍니다.
- 힘이 시간이 지남에 따라 감소하는 경향을 보입니다.

하단 그래프 (**Tangential Force**):

- 시간에 따라 각 방향 힘 F_θ의 변화를 보여줍니다.
- 각 방향 힘도 감소하는 경향이 있습니다.

```
m = 0.3; % 질량 (kg)
t0 = 0; % 초기 시간
t1 = 2.09; % t = 2.09 s

% 시간 벡터
t_values = [t0, t1];

% 결과 저장을 위한 배열
F_r = zeros(1, length(t_values)); % 반경 방향 힘
F_theta = zeros(1, length(t_values)); % 각 방향 힘

for i = 1:length(t_values)
    t = t_values(i);
```

```
    % 반경 및 각도 계산
    r = 1 - 0.1 * t^2; % 반경 (m)
    dot_theta = 0.12 * t^2; % 각도 (rad)

    % 속도 및 가속도 계산
    dot_r = -0.2 * t; % 속도 (m/s)
    dot_theta = 0.24 * t; % 각속도 (rad/s)
    ddot_r = -0.2; % 가속도 (m/s^2)
    ddot_theta = 0.24; % 각가속도 (rad/s^2)

    % 반경 방향 가속도 계산
    a_r = ddot_r - r * dot_theta^2;

    % 각 방향 가속도 계산
    a_theta = r * ddot_theta + 2 * dot_r * dot_theta;

    % 반경 방향 힘 계산
    F_r(i) = m * a_r;

    % 각 방향 힘 계산
    F_theta(i) = m * a_theta;

    Force(i) = sqrt(F_r(i)^2 + F_theta(i)^2);
    tan_theta(i) = abs(F_theta(i) / F_r(i));
    theta_rad(i) = atan(tan_theta(i)); % theta는 라디안 단위
    theta_deg(i) = theta_rad(i) * (180 / pi);
end


fprintf('t = 0 s:\n');
```

```
t = 0 s:
```

```
fprintf('F_r = %.4f N\n', F_r(1));
```

```
F_r = -0.0600 N
```

```
fprintf('F_theta = %.4f N\n\n', F_theta(1));
```

```
F_theta = 0.0720 N
```

```
fprintf('Force = %.4f N\n\n', Force(1));
```

```
Force = 0.0937 N
```

```
fprintf('angle = %.4f degree\n\n', theta_deg(1));
```

```
angle = 50.1944 degree
```

```


fprintf('t = 2.09 s:\n');
```

```
t = 2.09 s:
```

```
fprintf('F_r = %.4f N\n', F_r(2));
```

```
F_r = -0.1025 N
```

```
fprintf('F_theta = %.4f N\n', F_theta(2));
```

```
F_theta = -0.0853 N
```

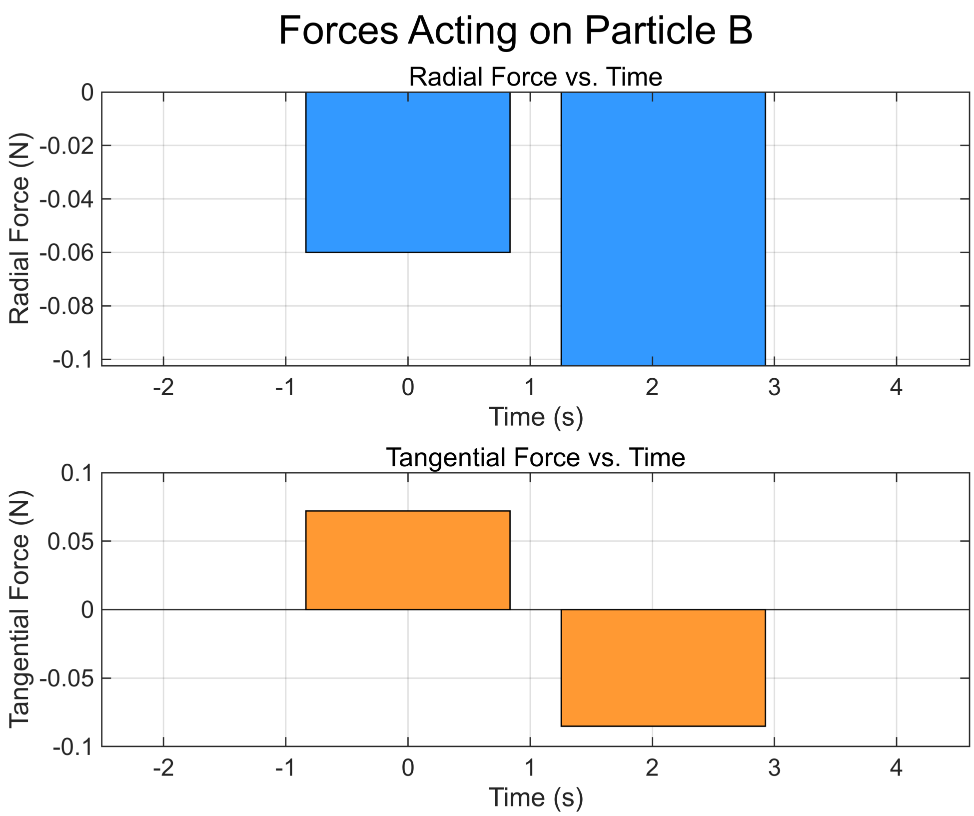
```
fprintf('Force= %.4f N\n\n', Force(2));
```

```
Force= 0.1333 N
```

```
fprintf('angle = %.4f degree\n\n', theta_deg(2));
```

```
angle = 39.7483 degree
```

```

figure;

% 반경 방향 힘 시각화
subplot(2, 1, 1);
bar(t_values, F_r, 'FaceColor', [0.2 0.6 1]);
xlabel('Time (s)');
ylabel('Radial Force (N)');
title('Radial Force vs. Time');
grid on;

% 각 방향 힘 시각화
subplot(2, 1, 2);
bar(t_values, F_theta, 'FaceColor', [1 0.6 0.2]);
xlabel('Time (s)');
ylabel('Tangential Force (N)');
title('Tangential Force vs. Time');
grid on;

sgtitle('Forces Acting on Particle B');
```



문제 내용

- **물체 B**: 질량 $0.2kg$
- 마찰계수: $\mu_k = 0.15$
- 각속도: $\dot{\theta} = 3 \text{ rad/s}$
- 각가속도: $\ddot{\theta} = 2 \text{ rad/s}^2$
- 선속도: $r = 0.4 \text{ m/s}$
- 링 반지름: $r = 0.5 \text{ m}$
- 각도: $\phi = 30^\circ$

수직력 F_N

중력의 힘 계산:

$$W = (0.2 \text{ kg}) \cdot (9.81 \text{ m/s}^2) = 1.962 \text{ N}$$

1. 마찰력 계산:

$$F = \mu_k F_N = 0.15 F_N$$

각 방향의 힘의 합:

$$\sum F_\theta = m(r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta})$$

1. 수직력 식:

$$F_N - W\cos\theta = m(r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta})$$

- 이 식을 재정리하면:

$$F_N = m(r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta}) + W\cos\theta$$

1. 값 대입:

$$F_N = (0.2\ \text{kg})[(0.5\ \text{m})(2\ \text{rad/s}^2) + (2 \cdot 0.4\ \text{m/s})(3\ \text{rad/s})] + (1.962\ \text{N})\cos 30^\circ$$

1. 최종 계산:

$$F_N = (0.2)(0.5)(2) + (0.2)(2)(0.4)(3) + (1.962)(\sqrt{3}/2)$$

- 위 식을 계산하여:

$$F_N \approx 2.38\ \text{N}$$

- 마찰력 : $0.357N$
- 각방향의 가속도 : $3.4 m/s^2$

물체 **B**의 법선방향 가속도 $\ddot{r}$

힘의 합 계산:

$$\sum F_r = m(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2)$$

힘의 구성:

$$-W\sin 30^\circ - 0.15F_N = m(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2)$$

- 여기서 $W = 1.962\ \text{N}$이고, $F_N = 2.38\ \text{N}$입니다.

- 값 대입:

$$-(1.962\ \text{N})\sin 30^\circ - 0.15(2.38\ \text{N}) = (0.2\ \text{kg})(\ddot{r} - (0.5\ \text{m})(3\ \text{rad/s})^2$$

- 계산 진행:

$$-(1.962)(0.5) - 0.357 = (0.2)(\ddot{r} - 4.5)$$

$$-0.981 - 0.357 = 0.2\ddot{r} - 0.9$$

- 최종 정리:

$$-1.338 = 0.2\ddot{r} - 0.9$$

$$0.2\ddot{r} = -1.338 + 0.9$$

$$0.2\ddot{r} = -0.438$$

$$\ddot{r} = \frac{-0.438}{0.2} = -2.19 \text{ m/s}^2$$

```
% 물리적 상수 정의
m = 0.2;                    % 질량 (kg)
g = 9.81;                   % 중력 가속도 (m/s^2)
mu_k = 0.15;                % 마찰계수
r = 0.5;                    % 반지름 (m)
dot_r = 0.4;                % 선속도 (m/s)
ddot_theta = 2;             % 각가속도 (rad/s^2)
dot_theta = 3;              % 각속도 (rad/s)
theta = 30;                 % 각도

% 중력의 힘 계산
W = m * g;                  % 중력 (N)

% 중력의 수평 성분
W_cos_theta = W * cosd(theta); % cos(30도) 사용

% 수직력 계산을 위한 각 항 계산
F_N_contribution = m * (r * ddot_theta^2 + 2 * dot_r * ddot_theta);

% 수직력 F_N 계산
F_N = F_N_contribution + W_cos_theta;

% 법선 방향 가속도 계산
F_friction = mu_k * F_N;  % 마찰력
F_r = W * sind(theta) + F_friction;  % radial force

% 법선 방향 가속도 식 정리
ddot_r = -(F_r / m) + r * dot_theta^2;  % 법선 방향 가속도

% 결과 출력
fprintf('수직력 F_N: %.2f N\n', F_N);
```

```
수직력 F_N: 2.42 N
```

```
fprintf('법선 방향 가속도 ddot{r}: %.2f m/s^2\n', ddot_r);
```

```
법선 방향 가속도 ddot{r}: -2.22 m/s^2
```

1. $r(t)$ **방정식 유도**

반경 방향 가속도 $\ddot{r} = -2.19\ \mathrm{m/s^2}$가 주어졌으므로, 이를 적분하여 시간 t에 따른 반지름 $r(t)$를 구할 수 있습니다.

가정:

- 초기 반지름

$$r(0) = 0.5\ \mathrm{m}$$

- 초기 속도

$$\dot{r}(0) = 0.4\ \mathrm{m/s}$$

1차 적분 (속도):

$$\dot{r}(t) = \dot{r}(0) + \ddot{r} \cdot t = 0.4\ \mathrm{m/s} - 2.19\ \mathrm{m/s^2} \cdot t$$

2차 적분 (위치):

$$r(t) = r(0) + \dot{r}(0) \cdot t + \frac{1}{2}\ddot{r} \cdot t^2$$

$$r(t) = 0.5\ \mathrm{m} + 0.4\ \mathrm{m/s} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot 2.19\ \mathrm{m/s^2} \cdot t^2$$

$$r(t) = 0.5 + 0.4t - 1.095t^2$$

따라서, 반지름 $r(t)$에 대한 방정식은:

$$r(t) = 0.5 + 0.4t - 1.095t^2$$

2. $\theta(t)$ **방정식 유도**

각속도 $\dot{\theta} = 3\ \mathrm{rad/s}$와 각가속도 $\ddot{\theta} = 2\ \mathrm{rad/s^2}$가 주어졌으므로, 이를 적분하여 시간에 따른 각도 $\theta(t)$를 구할 수 있습니다.

가정:

- 초기 각도 $\theta(0) = 0$
- 초기 각속도 $\dot{\theta}(0) = 3\ \mathrm{rad/s}$

1차 적분 (각속도):

$$\dot{\theta}(t) = \dot{\theta}(0) + \ddot{\theta} \cdot t = 3\ \mathrm{rad/s} + 2\ \mathrm{rad/s^2} \cdot t$$

2차 적분 (각도):

$$\theta(t) = \theta(0) + \dot{\theta}(0) \cdot t + \frac{1}{2}\ddot{\theta} \cdot t^2$$

$$\theta(t) = 0 + 3\ \text{rad/s} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot 2\ \text{rad/s}^2 \cdot t^2$$

$$\theta(t) = 3t + t^2$$

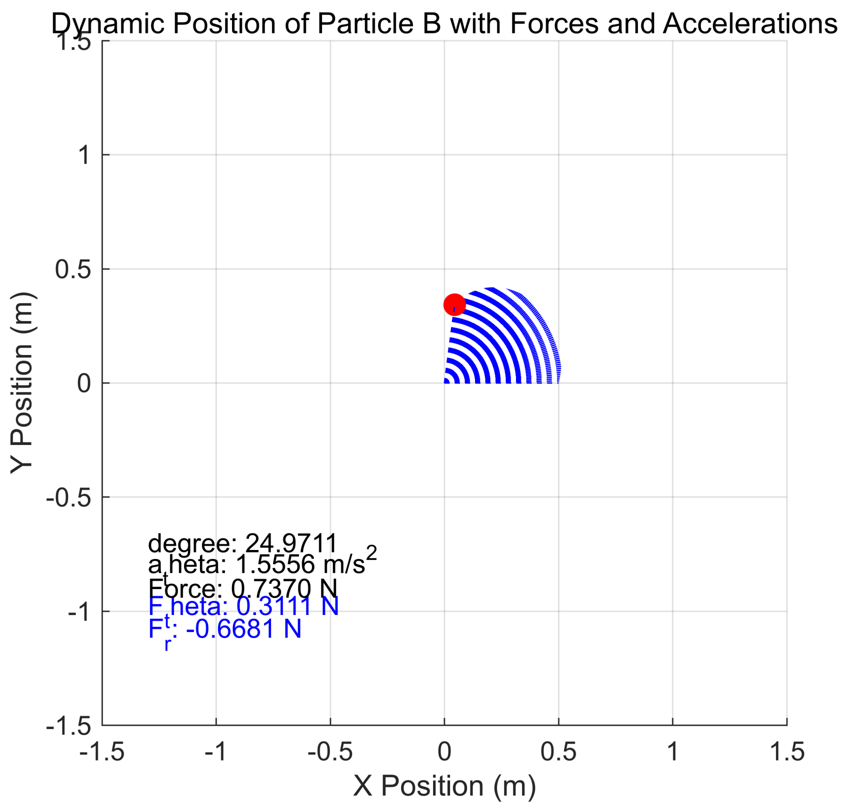
따라서, 각도 $\theta(t)$에 대한 방정식은:

$$\theta(t) = 3t + t^2$$

```
% 물리적 상수 정의
m = 0.2;                        % 질량 (kg)
g = 9.81;                       % 중력 가속도 (m/s^2)
mu_k = 0.15;                    % 마찰계수
r = 0.5;                        % 반지름 (m)
dot_r = 0.4;                    % 선속도 (m/s)
ddot_theta = 2;                 % 각가속도 (rad/s^2)
dot_theta = 3;                  % 각속도 (rad/s)
theta = 30;                     % 각도

t0 = 0; % 초기 시간
t1 = 0.6;
num_points = 100;


t_values = linspace(t0, t1, num_points);

F_r = zeros(1, length(t_values));
F_theta = zeros(1, length(t_values));
Force = zeros(1, length(t_values));
r_values = zeros(1, length(t_values));
theta_values = zeros(1, length(t_values));
a_r = zeros(1, length(t_values));
a_theta = zeros(1, length(t_values));

for i = 1:length(t_values)
    t = t_values(i);

    r_values(i) = 0.5 + 0.4 * t - 1.095 * t^2;
    theta_values(i) = 3*t - t^2;

    dot_r = 0.4 * t;
    ddot_r = -2.22;
    dot_theta = 3 * t;
    ddot_theta = 2;

    a_r(i) = ddot_r - r_values(i) * dot_theta^2;
```

```
    a_theta(i) = r_values(i) * ddot_theta + 2 * dot_r * dot_theta;

    F_r(i) = m * a_r(i) ;

    F_theta(i) = m * a_theta(i);
    Force(i) = sqrt(F_r(i)^2 + F_theta(i)^2);

    tan_theta(i) = abs(F_theta(i) / F_r(i));
    theta_rad(i) = atan(tan_theta(i));
    theta_deg(i) = theta_rad(i) * (180 / pi);
end

figure;

hold on;
axis equal;
xlim([-1.5, 1.5]);
ylim([-1.5, 1.5]);
xlabel('X Position (m)');
ylabel('Y Position (m)');
title('Dynamic Position of Particle B with Forces and Accelerations');
grid on;

% 애니메이션 루프
for i = 1:num_points
    x = r_values(i) * cos(theta_values(i));
    y = r_values(i) * sin(theta_values(i));

    if i > 1
        delete(h);
        delete(txt_r);
        delete(txt_theta);
        delete(txt_F);
        delete(txt_a_theta);
        delete(txt_tan);
    end

    h = plot(x, y, 'ro', 'MarkerSize', 8, 'MarkerFaceColor', 'r');

    plot([0, x], [0, y], 'b--'); % 막대 OA 표시

    txt_r = text(-1.3, -1.1, sprintf('F_r: %.4f N', F_r(i)), 'FontSize', 10,
'Color', 'b');
    txt_theta = text(-1.3, -1.0, sprintf('F_theta: %.4f N', F_theta(i)),
'FontSize', 10, 'Color', 'b');
    txt_F = text(-1.3, -0.9, sprintf('Force: %.4f N', Force(i)), 'FontSize', 10,
'Color', 'k');
    txt_a_theta = text(-1.3, -0.8, sprintf('a_theta: %.4f m/s^2', a_theta(i)),
'FontSize', 10, 'Color', 'k');
```

```
    txt_tan = text(-1.3, -0.7, sprintf('degree: %.4f', theta_deg(i)), 'FontSize',
10, 'Color', 'k');

    pause(0.1);
end

hold off;
```




```

```

문제 요약 및 해석

- 각도: $\theta = 30^{\circ}$
- 각속도: $\dot{\theta} = 1\ \mathrm{rad/s}$
- 각가속도: $\ddot{\theta} = 0$
- 반지름: $r = 0.5\ \mathrm{m}$
- 중력: $W = mg$
- $m = 0.3kg$

주어진 힘

1. 수평 성분:$F_r = W\cos(30^{\circ})$

2. 수직 성분:$F_\theta = -W\sin(30^\circ)$

운동 방정식

- 접선 방향 운동방정식: $F_\theta = ma_\theta = m(r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta})$

각가속도 $\ddot{\theta}$ 식으로 변환

- 주어진 $\ddot{\theta} = 0$을 대입하여 접선 방향 운동방정식을 정리하면:

$$2r\dot{\theta} = \frac{F_\theta}{m} = -\frac{mg\sin(30^\circ)}{m} = -g\sin(30^\circ)$$

- 법선 방향 가속도 $\dot{r}$을 구하기 위해 위의 식을 정리합니다:

$$2r\dot{\theta} = -g\sin(30^\circ)$$

법선 방향 속도($\dot{r}$) 계산

1. 중력 가속도 g를 사용하여$\dot{r}$을 계산합니다:

$$g \approx 9.81 \text{ m/s}^2$$

1. $\sin(30^\circ)$ 계산:

$$\sin(30^\circ) = 0.5$$

1. $\dot{r}$ 계산:

$$\dot{r} = -\frac{9.81 \cdot 0.5}{2} = -\frac{4.905}{2} = -2.4525 \text{ m/s}$$

법선 방향 가속도($\ddot{r}$) 계산

1. 법선 방향 가속도 $\ddot{r}$ 계산:

- 법선방향 운동방정식:$F_r = ma_r = m(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2)$

1. 법선 방향 가속도 식:

$$\ddot{r} - r\dot{\theta}^2 = \frac{F_r}{m}$$

1. 법선 방향 가속도 $\ddot{r}$ 구하기:

$$\ddot{r} = r\dot{\theta}^2 + \frac{F_r}{m}$$

$$= r\dot{\theta}^2 + \frac{mg\cos(30^\circ)}{m}$$

1. 구체적인 값 대입:

- $r = 0.5\ \mathrm{m}$
- $\dot{\theta} = 1\ \mathrm{rad/s}$
- 중력 $g = 9.81\ \mathrm{m/s^2}$

1. 최종 계산:

$$\ddot{r} = (0.5)(1)^2 + \frac{(9.81)(\cos(30^\circ))}{1}$$

최종 가속도 계산

- $\cos(30^\circ) \approx 0.866$ 를 사용하여 최종 가속도 $\ddot{r}$를 구합니다:

$$\ddot{r} = 0.5 + (9.81)(0.866) = 0.5 + 8.51 = 9.0\ \mathrm{m/s^2}$$

```
% 물리적 상수 정의
m = 0.3;                    % 질량 (kg)
g = 9.81;                   % 중력 가속도 (m/s^2)
theta = 30;                 % 각도 (degrees)
r = 0.5;                    % 반지름 (m)
dot_theta = 1;              % 각속도 (rad/s)

% 중력 계산
W = m * g;                  % 중력 (N)

% 힘 계산
F_r = W * cosd(theta);      % 법선 방향 중력의 힘
F_t = -W * sind(theta);     % 접선 방향 중력의 힘

% 법선 방향 속도 계산
dot_r = (F_t / m) /2;           % 법선 방향 속도

% 결과 출력
fprintf('접선 방향 가속도 dot(r): %.2f m/s^2\n', dot_r);
```

```
접선 방향 가속도 dot(r): -2.45 m/s^2
```

```
% 법선 방향 가속도 계산
ddot_r = r * dot_theta^2 + (F_r / m);  % 법선 방향 가속도

% 결과 출력
fprintf('법선 방향 가속도 ddot(r): %.2f m/s^2\n', ddot_r);
```

```
법선 방향 가속도 ddot(r): 9.00 m/s^2
```

$r(t)$ 방정식 유도

앞서 계산한 반경 방향 가속도 $\ddot{r}$는 $9.0\ \mathrm{m/s^2}$로 주어졌습니다. 이를 이용해 시간에 따른 반경 방향 속도와 위치 방정식을 구합니다.

1차 적분 (속도 $\dot{r}(t)$):

$$\dot{r}(t) = \dot{r}(0) + \ddot{r} \cdot t$$

초기 속도가 $\dot{r}(0) = -2.4525\ \mathrm{m/s}$이고, $\ddot{r} = 9.0\ \mathrm{m/s^2}$이므로:

$$\dot{r}(t) = -2.4525 + 9.0 \cdot t$$

2차 적분 (위치 $r(t)$):

$$r(t) = r(0) + \dot{r}(0) \cdot t + \frac{1}{2}\ddot{r} \cdot t^2$$

값을 대입하여:

$$r(t) = 0.5 + (-2.4525) \cdot t + \frac{1}{2} \cdot 9.0 \cdot t^2$$

$$r(t) = 0.5 - 2.4525t + 4.5t^2$$

$\theta(t)$ 방정식 유도

각속도 $\dot{\theta} = 1\ \mathrm{rad/s}$가 일정하므로, 각도 $\theta(t)$는 각속도를 시간에 대해 적분하여 구할 수 있습니다.

1차 적분 (각도 $\theta(t)$):

$$\theta(t) = \theta(0) + \dot{\theta}(0) \cdot t$$

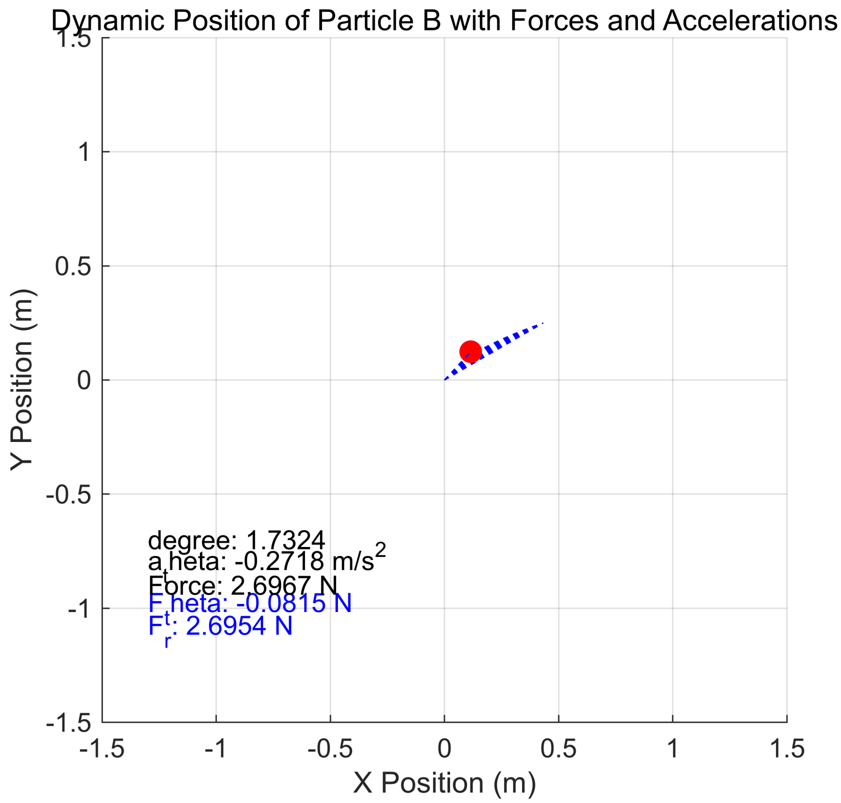
초기 각도 $\theta(0) = 30^\circ = \frac{\pi}{6}\,\mathrm{rad}$이므로:

$$\theta(t) = \frac{\pi}{6} + 1 \cdot t$$

$$\theta(t) = \frac{\pi}{6} + t$$

```
m = 0.3; % 질량 (kg)
t0 = 0; % 초기 시간
t1 = 0.3;
num_points = 100;

t_values = linspace(t0, t1, num_points);

F_r = zeros(1, length(t_values));
F_theta = zeros(1, length(t_values));
Force = zeros(1, length(t_values));
r_values = zeros(1, length(t_values));
theta_values = zeros(1, length(t_values));
a_r = zeros(1, length(t_values));
a_theta = zeros(1, length(t_values));

for i = 1:length(t_values)
    t = t_values(i);

    r_values(i) = 0.5 - 2.4525*t + 4.5 * t^2;
    theta_values(i) = pi/6 + t;

    dot_r = -2.45 * t;
    ddot_r = 9;
    dot_theta = 1 * t;
    ddot_theta = 1;

    a_r(i) = ddot_r - r_values(i) * dot_theta^2;

    a_theta(i) = r_values(i) * ddot_theta + 2 * dot_r * dot_theta;

    F_r(i) = m * a_r(i);

    F_theta(i) = m * a_theta(i);
    Force(i) = sqrt(F_r(i)^2 + F_theta(i)^2);

    tan_theta(i) = abs(F_theta(i) / F_r(i));
    theta_rad(i) = atan(tan_theta(i));
    theta_deg(i) = theta_rad(i) * (180 / pi);
end

figure;

hold on;
axis equal;
xlim([-1.5, 1.5]);
ylim([-1.5, 1.5]);
xlabel('X Position (m)');
ylabel('Y Position (m)');
title('Dynamic Position of Particle B with Forces and Accelerations');
```

```
grid on;

% 애니메이션 루프
for i = 1:num_points
    x = r_values(i) * cos(theta_values(i));
    y = r_values(i) * sin(theta_values(i));

    if i > 1
        delete(h);
        delete(txt_r);
        delete(txt_theta);
        delete(txt_F);
        delete(txt_a_theta);
        delete(txt_tan);
    end

    h = plot(x, y, 'ro', 'MarkerSize', 8, 'MarkerFaceColor', 'r');

    plot([0, x], [0, y], 'b--'); % 막대 OA 표시

    txt_r = text(-1.3, -1.1, sprintf('F_r: %.4f N', F_r(i)), 'FontSize', 10,
'Color', 'b');
    txt_theta = text(-1.3, -1.0, sprintf('F_theta: %.4f N', F_theta(i)),
'FontSize', 10, 'Color', 'b');
    txt_F = text(-1.3, -0.9, sprintf('Force: %.4f N', Force(i)), 'FontSize', 10,
'Color', 'k');
    txt_a_theta = text(-1.3, -0.8, sprintf('a_theta: %.4f m/s^2', a_theta(i)),
'FontSize', 10, 'Color', 'k');
    txt_tan = text(-1.3, -0.7, sprintf('degree: %.4f', theta_deg(i)), 'FontSize',
10, 'Color', 'k');

    pause(0.1);
end

hold off;
```



주어진 조건:

- 블록 B의 질량 $m = 0.2\,kg$
- 각속도 $\dot{\theta} = 3\,rad/s$
- 주어진 위치에서의 $r = 0.5\,m$및 $\dot{r} = 0.4\,m/s$

접선방향 방정식:

$$F_N = m(r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta})$$

이 식에서:

- $\dot{\theta} = 3\,rad/s$
- $\ddot{\theta} = 0$ (각가속도가 없다는 의미)
- $\dot{r} = 0.4\,m/s$

이를 적용하여 계산하면:

$$F_N = (0.2\,kg)[0 + 2(0.4\,m/s)(3\,rad/s)]$$

$$F_N = 0.48\,N$$

법선 운동 방정식에서 외력이 없으므로

$$\sum Fr = mar$$

$$0 = m(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2)$$

$$\ddot{r} = r\dot{\theta}^2$$

값을 대입하면:

$$\ddot{r} = (0.5\ m)(3\ rad/s)^2 = 4.5\ m/s^2$$

```
% 초기 값 설정
m = 0.2; % 질량 (kg)
r = 0.5; % 거리 (m)
theta_dot = 3; % 각속도 (rad/s)
r_dot = 0.4; % r의 변화율 (m/s)

% 방사 가속도 계산 (a_r)
a_r = r * theta_dot^2;

% 수직력 계산 (F_N)
F_N = m * (r * 0 + 2 * r_dot * theta_dot); % theta 이중미분이 0이므로 생략

% 결과 출력
fprintf('방사 가속도 (a_r): %.2f m/s^2\n', a_r);
```

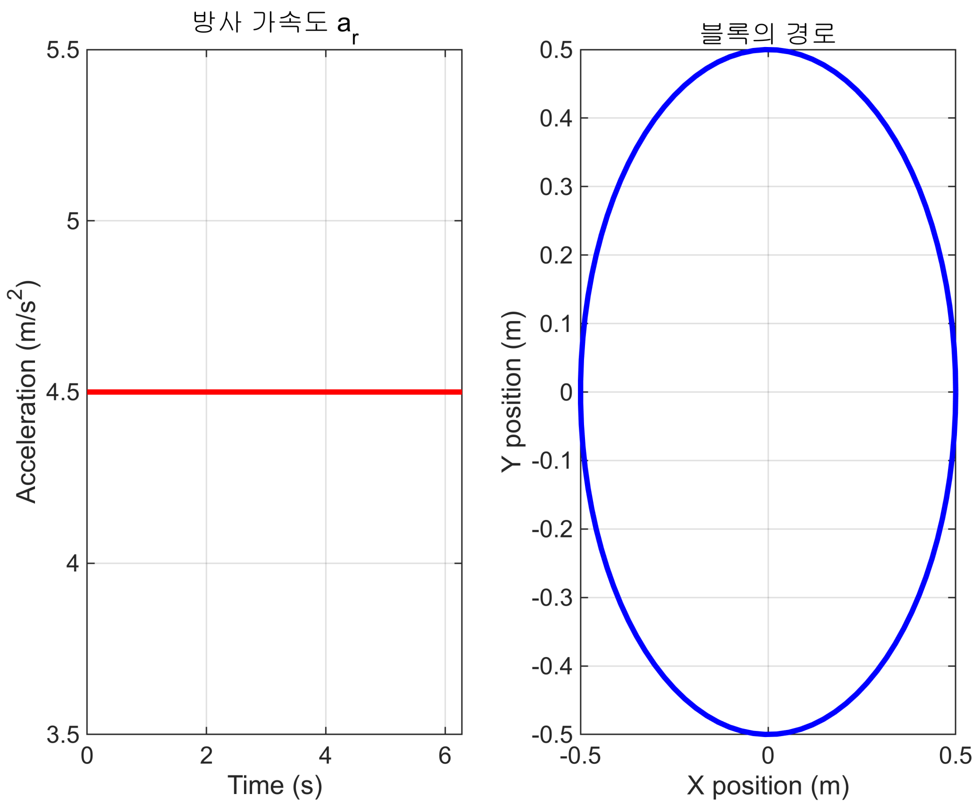
```
방사 가속도 (a_r): 4.50 m/s^2
```

```
fprintf('수직력 (F_N): %.2f N\n', F_N);
```

```
수직력 (F_N): 0.48 N
```

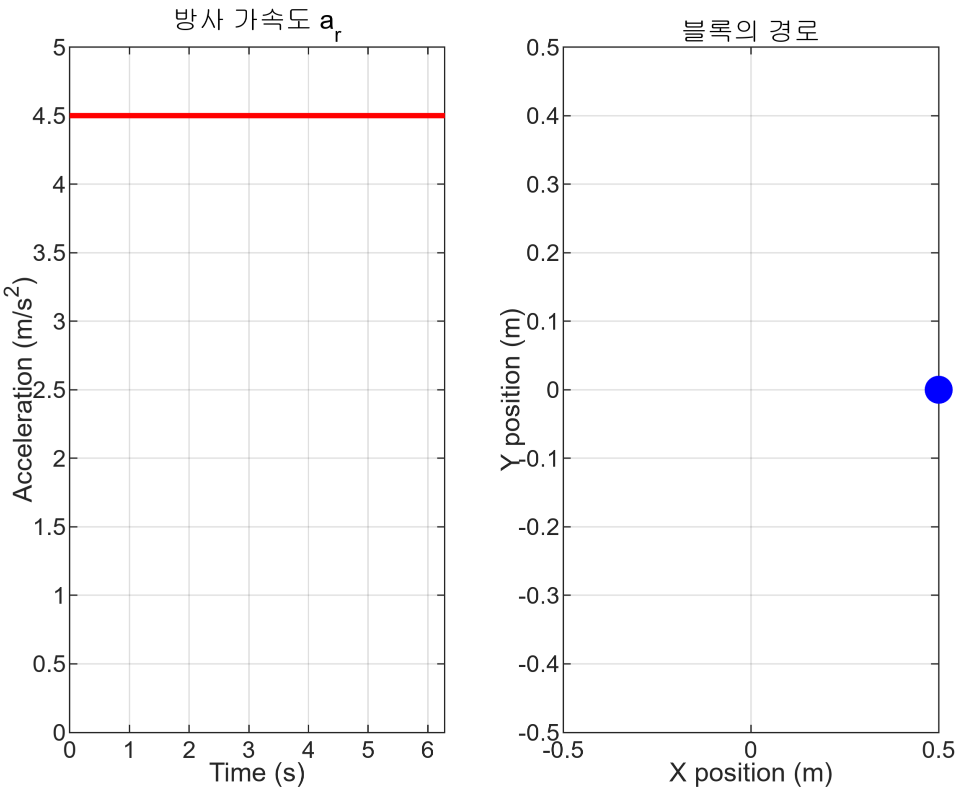
```

% 시각화를 위한 시간 변수 생성
t = linspace(0, 2*pi, 100); % 시간 축 (0 ~ 2*pi)

% 블록의 극좌표 경로 (r, theta) 시각화
x = r * cos(t); % x 좌표
y = r * sin(t); % y 좌표

% 그래프 그리기
figure;
subplot(1,2,1);
plot(t, a_r * ones(size(t)), 'r', 'LineWidth', 2);
title('방사 가속도 a_r');
xlabel('Time (s)');
ylabel('Acceleration (m/s^2)');
```

```
grid on;

subplot(1,2,2);
plot(x, y, 'b', 'LineWidth', 2);
title('블록의 경로');
xlabel('X position (m)');
ylabel('Y position (m)');
grid on;
```




```
% 초기 값 설정
m = 0.2; % 질량 (kg)
r = 0.5; % 거리 (m)
theta_dot = 3; % 각속도 (rad/s)
r_dot = 0.4; % r의 변화율 (m/s)

% 방사 가속도 계산 (a_r)
a_r = r * theta_dot^2;

% 수직력 계산 (F_N)
F_N = m * (r * 0 + 2 * r_dot * theta_dot); % theta 이중미분이 0이므로 생략

% 애니메이션을 위한 시간 설정
t = linspace(0, 2*pi, 100); % 시간 축 (0 ~ 2*pi)
x = r * cos(theta_dot * t); % x 좌표
```

```
y = r * sin(theta_dot * t); % y 좌표

% 동적 그래프 생성
figure;
subplot(1, 2, 1);
h1 = plot(0, a_r, 'r', 'LineWidth', 2);
title('방사 가속도 a_r');
xlabel('Time (s)');
ylabel('Acceleration (m/s^2)');
axis([0 2*pi 0 5]); % 축 범위 설정
grid on;
hold on;

subplot(1, 2, 2);
h2 = plot(0, 0, 'bo', 'MarkerSize', 10, 'MarkerFaceColor', 'b');
title('블록의 경로');
xlabel('X position (m)');
ylabel('Y position (m)');
axis([-r r -r r]); % 축 범위 설정
grid on;
hold on;

% 애니메이션 실행
for i = 1:length(t)
    % 첫 번째 그래프: 방사 가속도
    subplot(1, 2, 1);
    set(h1, 'XData', t(1:i), 'YData', a_r * ones(1, i)); % 방사 가속도는 일정

    % 두 번째 그래프: 블록 경로
    subplot(1, 2, 2);
    set(h2, 'XData', x(i), 'YData', y(i)); % x, y 좌표 업데이트

    % 그래프 업데이트
    drawnow;

    % 잠시 멈춤으로 동적 효과 생성
    pause(0.05);
end
```



1. 시간에 따른 $\theta(t)$ 방정식

주어진 각속도 $\dot{\theta} = 3\ rad/s$는 일정한 상수입니다. 각속도는 각도 변화율이므로, 이를 적분하면 시간에 따른 각도 $\theta(t)$를 구할 수 있습니다.

$$\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt} = 3\ rad/s$$

적분하면:

$$\theta(t) = \theta_0 + \dot{\theta}t = \theta_0 + 3t$$

따라서 시간에 따른 각도는:

$$\theta(t) = \theta_0 + 3t$$

여기서 θ_0는 초기 각도입니다. 만약 초기 각도가 0이라면 $\theta_0 = 0$이므로:

$$\theta(t) = 3t$$

2. 시간에 따른 $r(t)$방정식

$\dot{r} = 0.4\ m/s$가 상수로 주어졌습니다. 이 역시 반지름의 변화율이므로, 이를 적분하여 시간에 따른 $r(t)$를 구할 수 있습니다.

$$\dot{r} = \frac{dr}{dt} = 0.4\, m/s$$

적분하면:

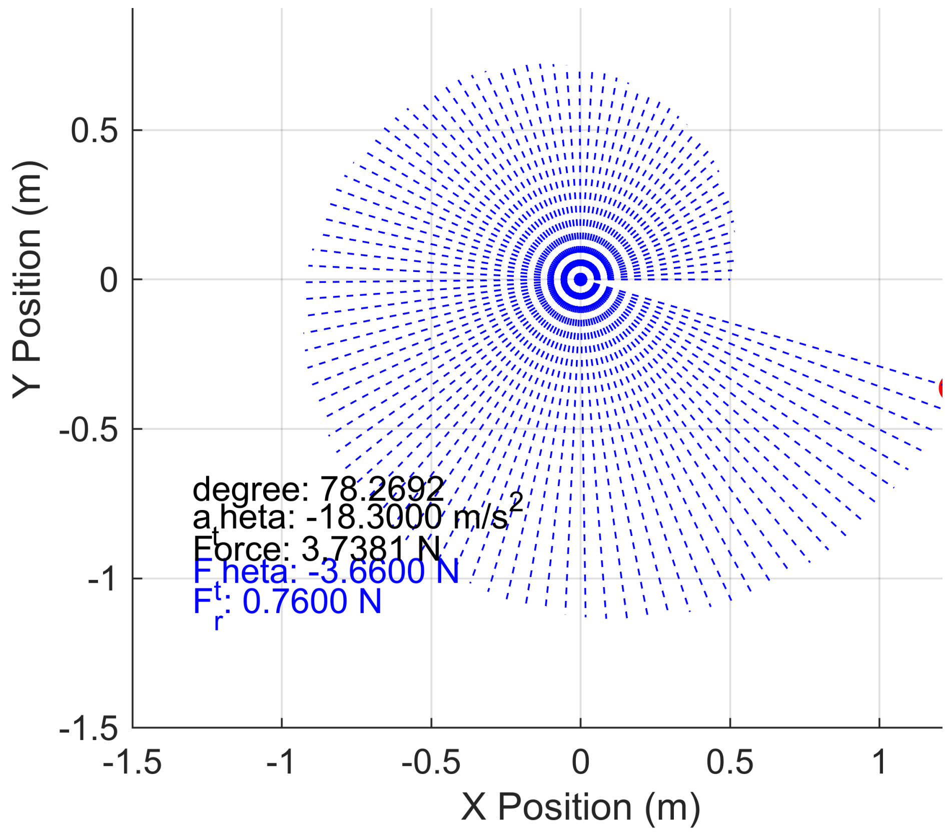
$$r(t) = r_0 + \dot{r}t = 0.5 + 0.4t$$

따라서 시간에 따른 반지름은:

$$r(t) = 0.5 + 0.4t$$

```
m = 0.2; % 질량 (kg)
t0 = 0; % 초기 시간
t1 = 2;
num_points = 100;

t_values = linspace(t0, t1, num_points);

F_r = zeros(1, length(t_values));
F_theta = zeros(1, length(t_values));
Force = zeros(1, length(t_values));
r_values = zeros(1, length(t_values));
theta_values = zeros(1, length(t_values));
a_r = zeros(1, length(t_values));
a_theta = zeros(1, length(t_values));

for i = 1:length(t_values)
    t = t_values(i);

    r_values(i) = 0.5 + 0.4*t;
    theta_values(i) = 3 * t;

    dot_r = -2.45 * t;
    ddot_r = 9;
    dot_theta = 1 * t;
    ddot_theta = 1;

    a_r(i) = ddot_r - r_values(i) * dot_theta^2;

    a_theta(i) = r_values(i) * ddot_theta + 2 * dot_r * dot_theta;

    F_r(i) = m * a_r(i);

    F_theta(i) = m * a_theta(i);
    Force(i) = sqrt(F_r(i)^2 + F_theta(i)^2);

    tan_theta(i) = abs(F_theta(i) / F_r(i));
    theta_rad(i) = atan(tan_theta(i));
    theta_deg(i) = theta_rad(i) * (180 / pi);
end
```

```matlab
figure;

hold on;
axis equal;
xlim([-1.5, 1.5]);
ylim([-1.5, 1.5]);
xlabel('X Position (m)');
ylabel('Y Position (m)');
title('Dynamic Position of Particle B with Forces and Accelerations');
grid on;

% 애니메이션 루프
for i = 1:num_points
    x = r_values(i) * cos(theta_values(i));
    y = r_values(i) * sin(theta_values(i));

    if i > 1
        delete(h);
        delete(txt_r);
        delete(txt_theta);
        delete(txt_F);
        delete(txt_a_theta);
        delete(txt_tan);
    end

    h = plot(x, y, 'ro', 'MarkerSize', 8, 'MarkerFaceColor', 'r');

    plot([0, x], [0, y], 'b--'); % 막대 OA 표시

    txt_r = text(-1.3, -1.1, sprintf('F_r: %.4f N', F_r(i)), 'FontSize', 10,
'Color', 'b');
    txt_theta = text(-1.3, -1.0, sprintf('F_theta: %.4f N', F_theta(i)),
'FontSize', 10, 'Color', 'b');
    txt_F = text(-1.3, -0.9, sprintf('Force: %.4f N', Force(i)), 'FontSize', 10,
'Color', 'k');
    txt_a_theta = text(-1.3, -0.8, sprintf('a_theta: %.4f m/s^2', a_theta(i)),
'FontSize', 10, 'Color', 'k');
    txt_tan = text(-1.3, -0.7, sprintf('degree: %.4f', theta_deg(i)), 'FontSize',
10, 'Color', 'k');

    pause(0.1);
end

hold off;
```



문제 요약:

- 질량 $m = 0.2\,kg$인 블록 B가 수평면 내에서 일정한 속도 $\dot{\theta} = 3\,rad/s$로 회전하는 막대 OA를 따라 자유롭게 미끄러집니다.
- 블록과 막대 사이의 운동 마찰 계수 $\mu_k = 0.15$입니다.
- 주어진 위치에서 $r = 0.5\,m, \dot{r} = 0.4\,m/s, \theta = 30^\circ$입니다.

주어진 조건:

1. $\dot{\theta} = 3\,rad/s, \ddot{\theta} = 0$
2. $r = 0.5\,m$
3. $\mu_k = 0.15$
4. 마찰 없는 경우 $\mu_k = 0$도 고려해야 함

수직력구하기

1. 접선 방향 힘의 합 $\sum F_\theta : \sum F_\theta = m(r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta})$
2. 수직력 F_N과 중력 성분의 관계:

$$F_N - W\cos\theta = m(r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta})$$

- 여기서 $W = mg, g = 9.81\ m/s^2, \theta = 30^\circ$ 입니다.

1. 수직력 F_N을 구하기 위한 계산 과정: 중력의 수직 성분은 $W\cos\theta = (1.962\ N)\cos 30^\circ$로 계산됩니다.

$$F_N - (1.962\ N)\cos 30^\circ = (0.2\ kg)[0 + 2(0.4\ m/s)(3\ rad/s)]$$

$$F_N - (1.962\ N)(0.866) = 0.2\ kg \times 2.4\ m/s^2$$

$$F_N - 1.699\ N = 0.48\ N$$

$$F_N = 0.48\ N + 1.699\ N = 2.18\ N$$

- 따라서, 마찰 계수가 $\mu_k = 0.15$일 때 수직력 $F_N = 2.18\ N$로 계산됩니다

법선방향의 힘을 이용해 법선 가속도 구하기

1. 방사 방향 힘의 합 $\sum F_r$:

방사 방향에서의 가속도를 계산하기 위해 다음과 같은 방정식이 사용됩니다:

$$\sum F_r = m(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2)$$

이때 방사 방향으로 작용하는 힘은 다음과 같이 주어집니다:

$$-W\sin 30^\circ - 0.15F_N = m(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2)$$

여기서:

- $W = mg = 0.2 \times 9.81 = 1.962\ N$
- $F_N = 2.18\ N$ (이전 단계에서 계산된 수직력)
- $r = 0.5\ m, \dot{\theta} = 3\ rad/s$

2. 방사 가속도 $\ddot{r}$ 계산 과정:

방사 가속도를 구하기 위해 위 식을 $\ddot{r}$에 대해 정리합니다.

힘의 방정식:

$$-(1.962\ N)\sin 30^\circ - 0.15 \times 2.18\ N = 0.2\ kg(\ddot{r} - (0.5\ m)(3\ rad/s)^2)$$

여기서 중력의 수평 성분을 계산하면:

$$(1.962\ N)\sin 30^\circ = 0.981\ N$$

따라서 방정식은:

$$-0.981\ N - 0.327\ N = 0.2\ kg(\ddot{r} - (0.5 \times 9))$$

$$-1.308\ N = 0.2\ kg(\ddot{r} - 4.5)$$

$\ddot{r}$ 정리:

$$-1.308 = 0.2(\ddot{r} - 4.5)$$

양변을 0.2로 나누면:

$$-6.54 = \ddot{r} - 4.5$$

따라서:

$$\ddot{r} = -6.54 + 4.5 = -2.04\ m/s^2$$

접선 방향 힘의 합 $\sum F_\theta$:

$$\sum F_\theta = m(r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta})$$

이때 각가속도 $\ddot{\theta} = 0$이므로, 위 식은 다음과 같이 단순화됩니다:

$$F_N - W\cos\theta = m(0 + 2\dot{r}\dot{\theta})$$

1. 중력의 수직 성분 $W\cos\theta$:

$$W = mg = 1.962\ N$$

$$W\cos 30^\circ = 1.962 \times \cos 30^\circ = 1.962 \times 0.866 = 1.699\ N$$

2. 접선 방향 가속도에 의한 힘:

$$2\dot{r}\dot{\theta} = 2(0.4\ m/s)(3\ rad/s) = 2.4\ m/s^2$$

$$m(2\dot{r}\dot{\theta}) = 0.2\ kg \times 2.4\ m/s^2 = 0.48\ N$$

3. 수직력 F_N 계산:

수직력을 구하는 방정식은 다음과 같습니다:

$$F_N - 1.699\ N = 0.48\ N$$

$$F_N = 0.48\ N + 1.699\ N = 2.18\ N$$

방사 방향 힘의 합 $\sum F_r$:

$$\sum F_r = m(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2)$$

여기서 $\mu_k = 0$인 경우이므로 마찰력은 고려하지 않습니다. 따라서 방사 방향에서의 힘은 중력의 수평 성분만 작용하게 됩니다.

방사 방향 힘의 방정식:

$$-W\sin 30^\circ = m(\ddot{r} - r\dot{\theta}^2)$$

이제 이를 구체적으로 대입하여 계산하면:

1. 중력의 수평 성분:

$$W = mg = 1.962\ N$$

$$W\sin 30^\circ = 1.962 \times \sin 30^\circ = 0.981\ N$$

1. 반지름에 의한 원심 가속도:

$$r\dot{\theta}^2 = 0.5 \times (3)^2 = 4.5\ m/s^2$$

1. 전체 방정식:

$$-0.981 = 0.2(\ddot{r} - 4.5)$$

$$-0.981 = 0.2\ddot{r} - 0.9$$

양변에 0.9를 더한 후 0.2로 나누면:

$$\ddot{r} = \frac{-0.081}{0.2} = -0.405\ m/s^2$$

요약

1. 수직력 = 접선방향힘 - 중력
2. - (마찰력 + 중력) = 법선방향힘

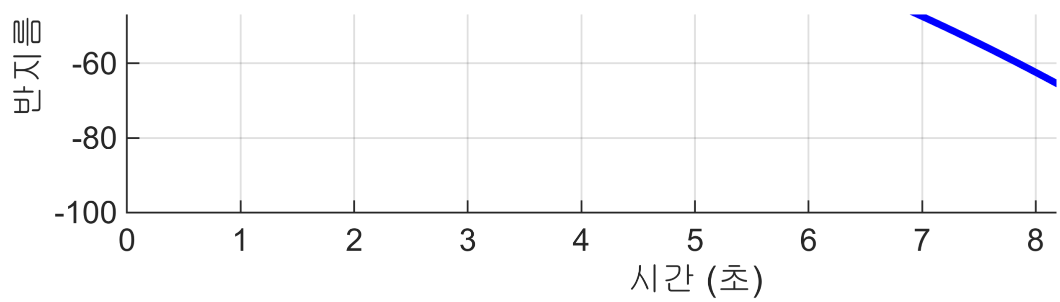
```
% 주어진 값
m = 0.2; % 블록의 질량 (kg)
g = 9.81; % 중력 가속도 (m/s^2)
mu_k = 0.15; % 마찰 계수
r = 0.5; % 반지름 (m)
theta_dot = 3; % 각속도 (rad/s)
theta = 30; % 각도 (degrees)
FN = 2.18; % 수직력 (N) (이미 계산된 값)

% 중력에 의한 수평 성분
W = m * g; % 중력 (N)
W_sin_theta = W * sind(theta); % Wsin(theta)

% 마찰력에 의한 성분
F_friction = mu_k * FN;
```

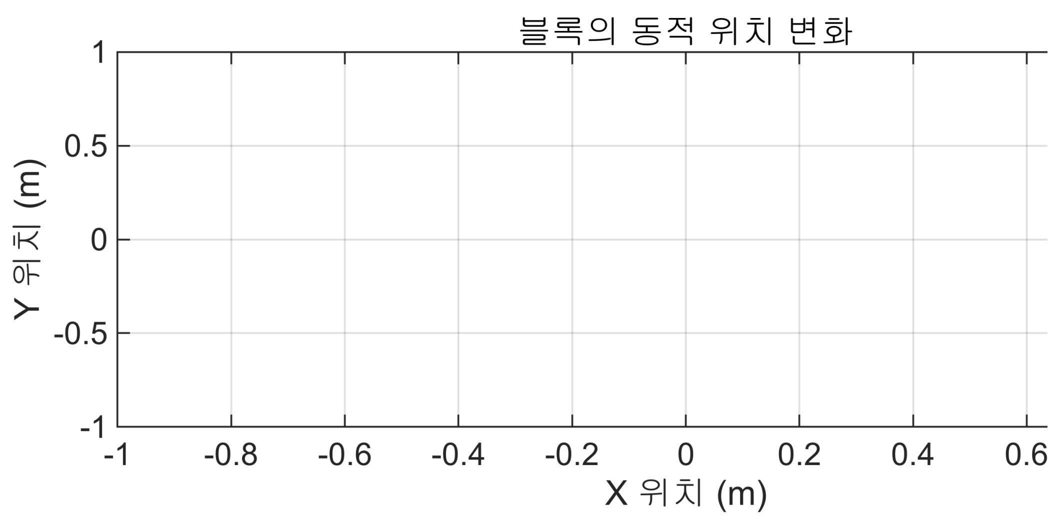
```
% 방사 방향 힘의 합
Fr_total = -W_sin_theta - F_friction;

% 방사 가속도 계산을 위한 방정식
theta_dot_squared = theta_dot^2;
rhs = r * theta_dot_squared; % r * θ_dot^2
ddot_r = (Fr_total / m) + rhs; % 방사 가속도 계산

% 결과 출력
fprintf('방사 가속도 ddot_r: %.2f m/s^2\n', ddot_r);
```

```
방사 가속도 ddot_r: -2.04 m/s^2
```

```
% 시간 변수
t_total = 10; % 전체 시간 (초)
dt = 0.1; % 시간 간격
t = 0:dt:t_total; % 시간 배열

% 초기값 설정
r_initial = r; % 초기 반지름
r_velocity = 0.4; % 초기 방사 속도 (m/s)
r_values = zeros(size(t)); % 위치 값 저장할 배열
r_values(1) = r_initial; % 시작 반지름

% 위치 및 속도 계산
for i = 2:length(t)
    % 속도 업데이트
    r_velocity = r_velocity + ddot_r * dt;

    % 위치 업데이트
    r_values(i) = r_values(i-1) + r_velocity * dt;
end

% 그래프 초기 설정
figure;
subplot(2,1,1);
h1 = plot(t, r_values, 'b', 'LineWidth', 2);
title('시간에 따른 방사 위치 r(t)');
xlabel('시간 (초)');
ylabel('반지름 r (m)');
grid on;

% 동적 애니메이션을 위한 설정
theta_values = theta_dot * t; % 각도 변화 (θ = θ_dot * t)
x = r_values .* cos(theta_values); % x 좌표 (극좌표 -> 직교좌표 변환)
y = r_values .* sin(theta_values); % y 좌표

subplot(2,1,2);
h2 = plot(0, 0, 'ro', 'MarkerSize', 10, 'MarkerFaceColor', 'r');
title('블록의 동적 위치 변화');
```

```
xlabel('X 위치 (m)');
ylabel('Y 위치 (m)');
axis([-1 1 -1 1]); % 축 설정
grid on;
hold on;

% 동적 그래프 애니메이션
for i = 1:length(t)
    % 첫 번째 그래프 (r vs. t)
    set(h1, 'XData', t(1:i), 'YData', r_values(1:i));

    % 두 번째 그래프 (x, y 동적 위치)
    set(h2, 'XData', x(i), 'YData', y(i));

    % 애니메이션 업데이트
    drawnow;
    pause(0.05); % 속도 조절을 위해 잠시 멈춤
end
```





1. 각도 $\theta(t)$ 방정식

각속도 $\dot{\theta} = 3\ rad/s$가 일정하므로, 각속도는 각도 변화율을 나타냅니다. 이를 적분하면 시간에 따른 각도 $\theta(t)$를 구할 수 있습니다.

$$\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt} = 3\ rad/s$$

이를 적분하면:

$$\theta(t) = \theta_0 + \dot{\theta}t$$

여기서 θ_0는 초기 각도입니다. 만약 초기 각도가 $30^\circ = \frac{\pi}{6}\,rad$라면, 초기 각도는 $\theta_0 = \frac{\pi}{6}\,rad$입니다. 따라서 시간에 따른 각도 방정식은:

$$\theta(t) = \frac{\pi}{6} + 3t$$

2. 반지름 $r(t)$ 방정식

주어진 문제에서 방사 방향 가속도 $\ddot{r}$는 일정하게 −2.04 m/s2-2.04 \, m/s^2−2.04m/s2로 계산되었습니다. 방사 방향 가속도는 반지름 $r(t)$의 변화율인 속도의 변화입니다.

$$\ddot{r} = \frac{d^2r}{dt^2} = -2.04\ m/s^2$$

이를 적분하면 속도 $\dot{r}$를 구할 수 있습니다. 초기 속도 $\dot{r}(0) = 0.4\ m/s$가 주어졌으므로, 속도는 다음과 같이 적분됩니다.

$$\dot{r}(t) = \dot{r}_0 + \ddot{r}t = 0.4\ m/s - 2.04t$$

다시 이 속도를 적분하면 시간에 따른 반지름 $r(t)$을 구할 수 있습니다. 초기 반지름 $r_0 = 0.5\ m$가 주어졌으므로:

$$r(t) = r_0 + \int \dot{r}(t)\,dt = r_0 + \int (0.4 - 2.04t)\,dt$$

이를 적분하면:

$$r(t) = 0.5 + 0.4t - 1.02t^2$$

따라서, 시간에 따른 반지름 방정식은:

$$r(t) = 0.5 + 0.4t - 1.02t^2$$

결론:

- 시간에 따른 각도 방정식:

$$\theta(t) = \frac{\pi}{6} + 3t$$

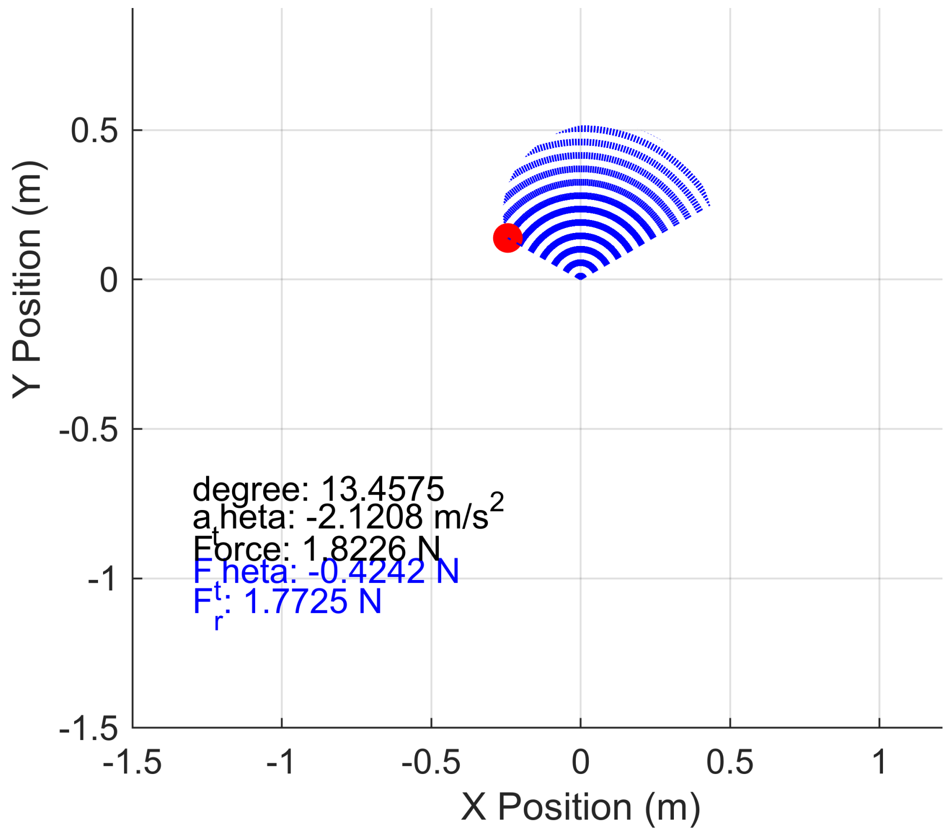
- 시간에 따른 반지름 방정식:

$$r(t) = 0.5 + 0.4t - 1.02t^2$$

이 두 방정식은 시간 t에 따라 블록의 반지름 변화와 각도를 나타냅니다.$r(t)$는 시간에 따라 감소하며, $\theta(t)$는 시간에 따라 선형적으로 증가합니다.

```
m = 0.2; % 질량 (kg)
t0 = 0; % 초기 시간
t1 = 0.7;
num_points = 100;

t_values = linspace(t0, t1, num_points);

F_r = zeros(1, length(t_values));
F_theta = zeros(1, length(t_values));
Force = zeros(1, length(t_values));
r_values = zeros(1, length(t_values));
theta_values = zeros(1, length(t_values));
a_r = zeros(1, length(t_values));
a_theta = zeros(1, length(t_values));

for i = 1:length(t_values)
    t = t_values(i);

    r_values(i) = 0.5 + 0.4*t - 1.02*t^2;
    theta_values(i) = pi/6 + 3 * t;

    dot_r = -2.45 * t;
    ddot_r = 9;
    dot_theta = 1 * t;
    ddot_theta = 1;

    a_r(i) = ddot_r - r_values(i) * dot_theta^2;

    a_theta(i) = r_values(i) * ddot_theta + 2 * dot_r * dot_theta;

    F_r(i) = m * a_r(i);

    F_theta(i) = m * a_theta(i);
    Force(i) = sqrt(F_r(i)^2 + F_theta(i)^2);

    tan_theta(i) = abs(F_theta(i) / F_r(i));
    theta_rad(i) = atan(tan_theta(i));
    theta_deg(i) = theta_rad(i) * (180 / pi);
end

figure;

hold on;
axis equal;
xlim([-1.5, 1.5]);
ylim([-1.5, 1.5]);
xlabel('X Position (m)');
```

```
ylabel('Y Position (m)');
title('Dynamic Position of Particle B with Forces and Accelerations');
grid on;

% 애니메이션 루프
for i = 1:num_points
    x = r_values(i) * cos(theta_values(i));
    y = r_values(i) * sin(theta_values(i));

    if i > 1
        delete(h);
        delete(txt_r);
        delete(txt_theta);
        delete(txt_F);
        delete(txt_a_theta);
        delete(txt_tan);
    end

    h = plot(x, y, 'ro', 'MarkerSize', 8, 'MarkerFaceColor', 'r');

    plot([0, x], [0, y], 'b--'); % 막대 OA 표시

    txt_r = text(-1.3, -1.1, sprintf('F_r: %.4f N', F_r(i)), 'FontSize', 10,
'Color', 'b');
    txt_theta = text(-1.3, -1.0, sprintf('F_theta: %.4f N', F_theta(i)),
'FontSize', 10, 'Color', 'b');
    txt_F = text(-1.3, -0.9, sprintf('Force: %.4f N', Force(i)), 'FontSize', 10,
'Color', 'k');
    txt_a_theta = text(-1.3, -0.8, sprintf('a_theta: %.4f m/s^2', a_theta(i)),
'FontSize', 10, 'Color', 'k');
    txt_tan = text(-1.3, -0.7, sprintf('degree: %.4f', theta_deg(i)), 'FontSize',
10, 'Color', 'k');

    pause(0.1);
end

hold off;
```



0.5
0
-0.5
-1
-1.5
Y Position (m)
-1.5
-1
-0.5
0
0.5
1
X Position (m)
degree: 13.4575
a_theta: -2.1208 m/s^2
Force: 1.8226 N
F_theta: -0.4242 N
F_r: 1.7725 N