

그림 P6.1

2. 자동차가 원형으로 구부러진 평탄한 커브 길을 달리고 있다. 자동차가 14.0 m/s의 일정한 속력으로 이 커브를 통과할 때, 운전자에게 작용한 힘의 크기는 130 N이다. 만약 같은 조건에서 커브를 18.0 m/s의 속력으로 통과한다면, 운전자에게 작용하는 힘의 크기는 얼마인가?
3. 우주선이 달 표면으로부터 100 km 상공의 원 궤도를 따라 달 주위를 공전하고 있다. 달의 중력에 의한 가속도는 1.52 m/s^2 이고 달의 반지름은 $1.70 \times 10^6 \text{ m}$ 일 때 (a) 우주선의 공전 속력과 (b) 우주선의 공전 주기를 구하라.
4. 보어의 수소 원자 모형에서 전자는 원자핵 주위를 원 궤도를 그리며 공전한다. 여기서 전자의 속력은 $2.20 \times 10^6 \text{ m/s}$ 이고 궤도의 반지름은 $0.530 \times 10^{-10} \text{ m}$ 일 때, 전자에 대해 (a) 전자에 작용하는 힘과 (b) 전자의 구심 가속도를 구하라.
5. 원뿔형 진자는 그림 P6.5와 같이 줄에 매달린 추가 연직선과 일정한 각도를 유지하면서 수평 원을 그리며 회전하여 만들어진다. 추의 질량 $m = 80.0 \text{ kg}$, 줄의 길이 $L = 10.0 \text{ m}$ 이고, 줄이 연직선과 이루는 각도가 5.00° 일 때 원뿔형 진자에 대해 (a) 줄이 추에 작용하는 힘의 수평 성분과 연직 성분의 크기와 (b) 추의 구심 가속도를 구하라.



그림 P6.5

6. 지름 120 m인 수레바퀴 모양의 우주 정거장이 중심부를 축으로 회전시켜 바퀴 부분에 거주하는 근무자에게 3.00 m/s^2 크기의 '인공 중력'을 제공하려 한다. 이를 위한 우주 정거장의 분당 회전수를 계산하라.
7. 그림 P6.7에서 보이는 바와 같이 질량 $m = 4.00 \text{ kg}$ 인 물체가 각각 길이 $\ell = 2.00 \text{ m}$ 인 두 줄에 묶여 수직으로 놓인 기둥에 연결되어 있고, 이 두 연결 점들은 서로 $d = 3.00 \text{ m}$ 만큼 떨어져 있

다. 줄에 묶인 물체는 $v = 3.00 \text{ m/s}$ 의 일정한 속력으로 두 줄을 팽팽하게 만들며 수평 원을 따라 회전할 수 있는가? (이때 기둥은 물체를 따라 회전하기 때문에 줄이 기둥에 감기지는 않는다.) 그 이유를 설명하라. 만약에 이 상황이 다른 행성에서라면 가능할 것인가?

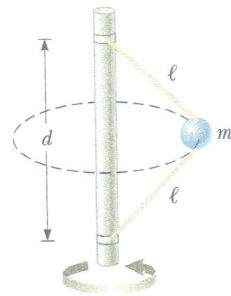


그림 P6.7

8. 수평하게 놓여 일정한 회전율로 회전을 하는 회전판이 있다. 이 회전판 위에 그 회전축에서 30.0 cm 떨어진 지점에 동전을 올려놓는다. 회전율을 서서히 높여 회전판의 속력이 50.0 cm/s 가 되면 동전이 미끄러지기 시작한다. (a) 동전이 회전판 위에 멈춰 있을 때 동전에 구심 가속도를 일으키는 힘은 무엇인가? (b) 동전과 회전판 사이 마찰력의 정지 마찰 계수는 얼마인가?
9. 물을 채운 양동이의 손잡이를 잡고 연직면에서 반지름 1.00 m의 원을 따라 회전하도록 돌린다. (a) 양동이 안의 물에 작용하는 두 가지 힘은 무엇인가? (b) 이 두 힘 중에서 어떤 힘이 양동이 안의 물이 원운동을 하게 만드는 데 더 중요한가? (c) 양동이의 원운동에서 가장 높은 지점에 이르렀을 때 물이 양동이 밖으로 넘치지 않기 위해서 필요한 최소 속력은 얼마인가? (d) 가장 높은 지점에서의 속력이 (c)에서 구한 값이라 하고, 이 위치에서 양동이만 갑자기 사라졌다고 가정하자. 그 후 물의 운동을 기술하라. 물의 운동은 포물체의 운동과 다른가?
10. 질량이 40.0 kg인 어린이가 줄의 길이가 각각 3.00 m인 두 줄로 연결된 그네를 타고 있다. 그네가 가장 낮은 위치에 있을 때 각 줄의 장력이 350 N이라면, 이때 (a) 그네의 속력과 (b) 그네 의자가 아이에게 작용하는 힘을 구하라. 단, 그네 의자의 질량은 무시한다.
11. 롤러코스터에서 승객을 포함한 질량 500 kg인 궤도차가 그림 P6.11과 같은 선로를 지나고 있다. 궤도차는 처음 위치에서 ㉓ 지점까지 진행할 때 오직 상하 운동만 하여 좌우 운동은 무시할 수 있다. 롤러코스터 선로는 ㉓와 ㉔ 지점 부근에서 반지름이 각각 $r_1 = 10.0 \text{ m}$ 및 $r_2 = 15.0 \text{ m}$ 인 원과 같은 곡률을 갖는다. (a) 만약 ㉓ 지점에서 궤도차의 속력이 20.0 m/s 에 이룬다면, 이 지점에서 롤러코스터 선로가 궤도차에 작용하는 힘은 얼마인가? (b) 궤도차가 ㉔ 지점을 지날 때, 선로에서 이탈하지 않는 궤도차의 최대 속력은 얼마인가?

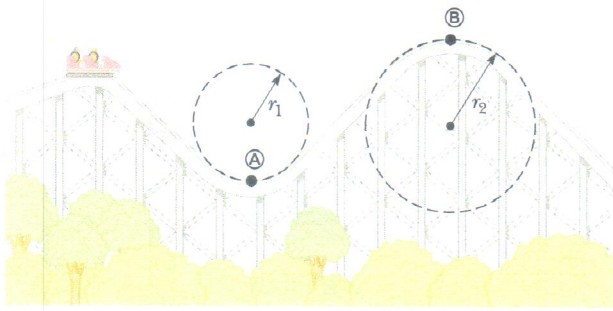


그림 P6.11

12. 하늘에서 매가 4.00 m/s 의 일정한 속력으로 반지름 12.0 m 인 수평 원호를 그리며 날고 있다. 이때 (a) 매의 구심 가속도를 구하라. (b) 이번엔 매가 같은 곡선을 그리며 비행을 하는데, 다만 그 속력이 1.20 m/s^2 로 일정하게 증가하고 있다. 매의 속력이 4.00 m/s 가 되는 순간에 가속도의 크기와 방향을 구하라.
13. 그림 P6.13과 같이 0.500 kg 인 물체를 일정한 길이의 줄로 천정에 매달아 진자를 구성하고, 물체가 반지름 2.00 m 의 연직면에서 원을 따라 흔들리게 했다. 줄의 각도 θ 가 20.0° 가 되는 어느 순간에 물체의 속력이 8.00 m/s 라면, 이 순간에 대해 (a) 줄의 장력, (b) 접선 가속도와 지름 가속도 그리고 (c) 전체 가속도를 구하라. (d) 위에서 구한 결과는 물체가 아래로 내려갈 때와 위로 올라갈 때 서로 다른가? (e) 그 이유를 설명하라.

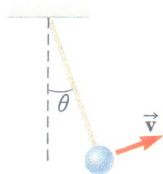


그림 P6.13

14. 그림 P6.14에서와 같이 기차 화물칸의 마찰이 없는 수평한 마루 위에 질량 $m = 5.00 \text{ kg}$ 인 물체가 용수철 저울에 연결되어 있고, 기차가 정지해 있을 때 용수철 저울의 눈금은 영이었다. (a) 기차가 움직이는 동안 용수철 저울의 눈금이 18.0 N 을 가리킨다면, 이 때 기차의 가속도는 얼마인가? (b) 만약 기차가 등속도로 움직인다면, 용수철 저울은 어떤 값을 나타내는가? (c) 이 물체에 작용한 힘을 기차 안과 기차 밖에서 있는 사람의 입장에서 각각 설명하라.

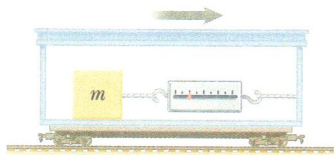


그림 P6.14

15. 그림 P6.15와 같이 질량 $m = 0.500 \text{ kg}$ 인 물체가 가속되고 있는

트럭의 천정에 매달려 있다. 트럭의 가속도가 $a = 3.00 \text{ m/s}^2$ 일 때, (a) 줄과 연직선이 이루는 각도와 (b) 줄의 장력을 구하라.

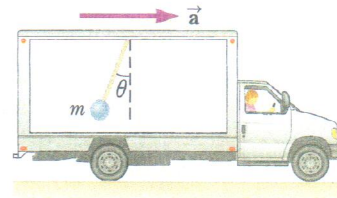


그림 P6.15

16. 작은 용기에 물을 담아 전자레인지의 회전판에서 중심으로부터 12.0 cm 떨어진 가장자리 지점에 올려놓았다. 회전판이 7.25 s 에 한 바퀴씩 회전한다면, 수평면에 대하여 물은 얼마나 기울어지게 되는가?
17. 어떤 사람이 승강기 안에서 저울 위에 올라서 있다. 승강기가 움직이기 시작할 때 저울은 591 N 을 가리키고, 움직이다가 정지할 때는 391 N 을 가리킨다. 움직이기 시작할 때와 정지할 때 가속도의 크기가 서로 같다면, (a) 사람의 질량과 (b) 승강기의 가속도는 얼마인가?
18. 질량 80.0 kg 의 스카이다이버가 저속의 비행기에서 뛰어내려 낙하하다가 50.0 m/s 의 종단 속력에 이르렀다. (a) 스카이다이버의 낙하 속력이 30.0 m/s 일 때 가속도는 얼마인가? (b) 속력이 50.0 m/s 일 때와 30.0 m/s 일 때의 끌림 힘은 각각 얼마인가?
19. 질량 $1,200 \text{ kg}$ 의 스포츠카가 끌림 계수 0.250 로 계산되는 형상을 하고 있고, 앞에서 볼 때 단면의 넓이가 2.20 m^2 이다. 이 스포츠카가 100 km/h 로 달리다가 변속기를 중립으로 놓고 동력 없이 미끄러져 달리고 있다. 공기 저항 이외의 마찰 요소를 무시할 때, 변속기를 중립으로 놓은 직후의 가속도는 얼마인가?
20. 스케이트 선수에 작용하는 저항력이 $f = -kmv^2$ 이고 속력 v 의 제곱에 비례한다고 하자. 여기서 k 는 비례 상수이고, m 은 스케이트 선수의 질량이다. 스케이트 선수가 결승점을 지나고 난 직후 속력이 v_i 이고 이후에 직선 방향으로 미끄러져 가면서 속력이 떨어진다. 스케이트 선수의 속력이 결승점 통과 후 시간 t 에 대해 $v(t) = v_i / (1 + ktv_i)$ 임을 보여라.
21. 점성이 있는 액체 속에서 크기가 작고 질량이 3.00 g 인 정지해 있던 구형 구슬을 $t = 0$ 의 순간에 놓는다. 이의 종단 속력이 $v_T = 2.00 \text{ cm/s}$ 로 측정된다면, (a) 교재 본문의 식 (6.2)에서 상수 b 의 값, (b) 속력이 $0.632v_T$ 가 되는 데 걸리는 시간 t 그리고 (c) 종단 속력에 이르렀을 때 저항력의 크기는 얼마인가?
22. 모터보트가 속력 10.0 m/s 로 달리다가 갑자기 엔진을 멈추고 물의 저항을 받으며 수면을 미끄러지며 정지한다. 이 시간 동안 모터보트의 운동을 설명해주는 식은 $v = v_i e^{-at}$ 인데, 여기서 v 는 시간

t 에서의 속력, v_t 는 $t = 0$ 에서의 속력이고, c 는 상수이다. 시간 $t = 20.0$ s에서 모터보트의 속력이 5.00 m/s라면, 모터보트의 운동에 대해, (a) 상수 c 의 값을 구하라. (b) $t = 40.0$ s에서 모터보트의 속력은 얼마인가? (c) 이와 더불어 $v(t)$ 에 대한 식을 미분하여 모터보트의 가속도가 속력에 비례함을 보여라.

23. 그림 P6.23과 같이 수평 도로가 원형으로 굽어 있고 자동차가 일정한 속력으로 도로를 지나간다. 자동차가 ㉠ 지점을 지날 때와 ㉡ 지점을 지날 때 각각의 경우에 대해, 자동차의 속도와 가속도의 방향을 동서남북(EWSN)의 방향으로 나타내라.

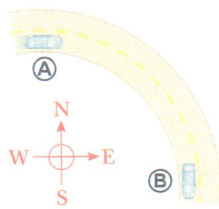


그림 P6.23

24. 궤도차에 관한 문제 11에서 질량 500 kg인 궤도차가 ㉠ 지점에서 19 m/s의 속력을 갖는다. 롤러코스터 선로의 곡률 반지름 r_1 이 25 m라고 할 때, ㉠ 지점을 지나는 순간 궤도차에 탑승한 50 kg인 승객이 좌석으로부터 받는 힘은 얼마인가?
25. 그림 P6.25와 같이 줄에 돌맹이를 매달아 저항이 없는 수평면 위에서 운동시키고 줄의 반대쪽 끝은 책상의 구멍을 통해 잡아서 돌맹이가 원운동을 하도록 한다. 돌맹이의 속력이 20.4 m/s일 때 반지름 2.50 m를 유지하기 위해서는 장력 50.0 N이 필요하다. 돌맹이가 운동하고 있는 상태에서 이제 줄을 서서히 당겨서 원운동의 반지름이 1.00 m가 되도록 하면, 돌맹이의 속력은 51.0 m/s로 증가하면서 줄이 끊어진다. 줄이 견딜 수 있는 장력의 크기는 얼마인가?

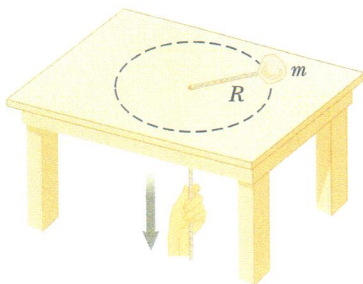


그림 P6.25

26. 노벨상 수상자 콤프턴(Arthur H. Compton)은 연구실 인근 도로의 과속 차량 때문에 연구에 방해받을까 과속 방지턱을 고안하여 도로에 설치했다. 방지턱은 그림 P6.26에서 보는 바와 같이 원통의 일부가 도로면 위로 솟은 형태이다. $1,800$ kg인 자동차가 30.0 km/h의 속력으로 곡률 반지름 20.4 m인 방지턱을 통과한다고 하자. (a) 방지턱의 가장 높은 지점을 통과할 때, 도로가 자동차에 작

용하는 힘의 크기는 얼마인가? (b) 자동차가 방지턱의 가장 높은 지점을 도로 위로 튕겨나지 않고 접촉하여 통과할 수 있는 최대 속력은 얼마인가?



그림 P6.26

27. 그림 P6.27과 같은 어린이 장난감을 생각해 보자. 한 면이 각도 θ 로 기울어진 직각삼각형 단면의 구조물이 막대기 끝에 고정되어 있고, 이 막대기를 돌려 구조물을 회전시키면 그 경사면 위에 놓인 질량 m 인 물체가 함께 회전하여 경사면에서 흘러내리지 않고 일정한 높이를 유지할 수 있게 된다. 경사면의 마찰력을 무시할 수 있을 때, 회전축으로부터 L 만큼 떨어진 경사면 위의 지점에 물체를 머물게 할 수 있기 위해서는 물체의 속력이 $v = (gL \sin \theta)^{1/2}$ 가 되어야 함을 보여라.

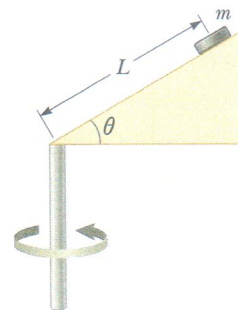


그림 P6.27

28. 그림 P6.28과 같이 질량 $m_1 = 4.00$ kg인 물체가 질량 $m_2 = 3.00$ kg인 물체와 길이 $\ell = 0.500$ m인 줄로 함께 묶여 있고, 이는 다시 같은 종류와 길이의 줄에 묶여 연직으로 놓인 원을 따라 함께 회전한다. 회전 운동을 하는 동안 두 줄은 항상 같은 방향에 놓인다. 원운동의 가장 높은 지점에 이르렀을 때 물체 m_2 의 속력이 $v = 4.00$ m/s라면, (a) 이 순간 줄 1과 (b) 줄 2에 작용하는 장력의 크기를 구하라. (c) 회전 속력을 서서히 증가시키면 두 줄 가운데 어느 줄이 먼저 끊어지는가?

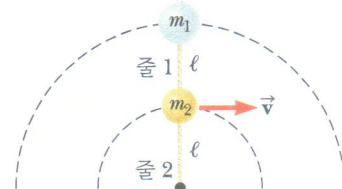


그림 P6.28

29. 그림 P6.29와 같이 질량 $m = 0.275$ kg인 물체가 길이 $L = 0.850$ m인 줄에 연결되어 연직면에서 원을 그리며 운동을 한다. (a) 이 물체에 작용하는 힘을 종류별로 나열하라. (b) 물체가 원의 최저점과

최고점에 있을 때 물체에 작용하는 힘을 각각의 지점에 대해 그림으로 나타내라. (c) 물체가 최고점에 있을 때 속력이 5.20 m/s라면 줄의 장력은 얼마인가? (d) 줄이 22.5 N까지 견딜 수 있다고 하면 줄이 끊어지지 않고 물체가 최저점을 지날 수 있는 최대 속력은 얼마인가?



그림 P6.29

30. 전체 질량이 m 인 수상 비행기가 호수에 처음 속력 $v_i \hat{i}$ 로 착륙한다. 이 비행기에 작용하는 유일한 수평력은 물로부터 비행기 다리에 작용하는 저항력이다. 저항력은 수상 비행기의 속도에 비례하며 $\vec{R} = -b\vec{v}$ 로 주어진다. 이 비행기에 적용되는 뉴턴의 제2법칙은 $-bv \hat{i} = m(dv/dt) \hat{i}$ 이다. 미적분의 기본 정리에 의하면, 이 미분 방정식은 속력이

$$\int_{v_i}^v \frac{dv}{v} = -\frac{b}{m} \int_0^t dt$$

에 따라 변한다는 것을 의미한다. (a) 적분을 하여 수상 비행기의 속력을 시간의 함수로 결정하라. (b) 시간의 함수로 속력에 대한 그래프를 그려라. (c) 유한한 시간이 경과한 후 수상 비행기는 완전히 정지하는가? (d) 정지할 때까지 수상 비행기는 유한한 거리를 이동하는가?

31. 그림 P6.31에서와 같이, 가정용 건조 세탁기는 젖은 세탁물을 담고 있는 원통형 통이 수평 축에 대하여 일정하게 회전한다. 세탁물을 균일하게 건조시키기 위하여, 회전하는 통 안에서 세탁물이 올라갔다 떨어지도록 되어 있다. 부드러운 벽으로 된 통의 회전율(분당 또는 초당 회전수)은 작은 천 조각이 수평으로부터 $\theta = 68.0^\circ$ 의 각도에서 떨어지도록 설계되어 있다. 통의 반지름이 $r = 0.330$ m라면, 회전율은 얼마인가?

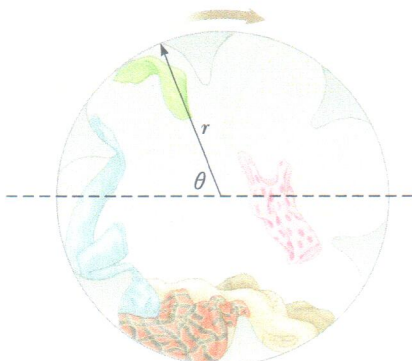


그림 P6.31

32. 그림 P6.32와 같이 트럭이 수평면과 각도 ϕ 를 이루는 경사로를 등가속도 a 로 올라가고 있다. 이때 질량 m 인 물체가 실로 트럭의 천장에 매달려 진자를 구성하고 있다. 만약 진자의 실이 트럭 천장에 수직인 직선과 θ 의 각도를 유지하고 있다면, 가속도 a 의 크기는 얼마인가?

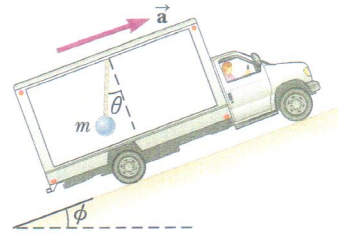


그림 P6.32

33. 지구의 자전 때문에 적도 위의 한 점은 0.0337 m/s^2 의 구심 가속도가 있고, 반면에 자전축 위인 북극이나 남극의 극점은 구심 가속도가 없다. 적도 위에서 있는 질량 75.0 kg 의 사람에 대해 (a) 이 사람에게 작용하는 중력, 즉 실제 무게와 (b) 이 사람에게 작용하는 수직항력, 즉 걸보기 무게를 계산하라. (c) 두 힘 가운데 어느 것이 더 큰가? 지구는 균일한 구로 가정하고 $g = 9.800 \text{ m/s}^2$ 으로 놓는다.

34. 그림 P6.34와 같이 질량 m_1 인 물체에 줄을 달아 수평 책상 위에서 반지름 R 인 원을 따라 원운동을 하도록 한다. 줄의 반대쪽 끝은 책상 중앙에 난 구멍을 통해 질량 m_2 인 추와 연결되어 있고 책상 위 물체의 원운동에 의해 평형을 이루며 위치를 유지한다. (a) 줄의 장력, (b) 원운동 하는 물체에 작용하는 중심 방향의 힘 그리고 (c) 원운동 하는 물체의 속력을 기호를 사용하여 표현하라. (d) 만약 물체가 운동하는 중에 질량 m_2 를 증가시키거나 (e) 감소시킨다면, 각각의 경우에 물체의 운동은 어떻게 변화하는지 정성적으로 설명하라.

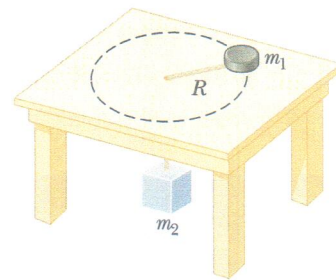


그림 P6.34

35. 경사가 없이 평평한 주차장에서 자동차 운전 연습을 하고 있다. 질량 $1,200 \text{ kg}$ 인 차에 탄 운전자는 20.0 m/s 의 속력으로 달리고 있다가 벽돌로 된 담장에 정면으로 충돌할 위험이 있다는 것을 갑자기 깨닫는다. 주차장의 노면은 자동차에 최대 $7,000 \text{ N}$ 의 수평력을 작용할 수 있다. (a) 왜 이 힘이 특정한 최댓값보다 클 수 없는지 설

명하라. (b) 브레이크만 밟고 운전대는 돌리지 않는다고 가정하자. 충돌을 피하기 위한 벽으로부터의 최소 거리를 구하라. (c) 브레이크를 거는 대신에 속력을 일정하게 유지하면서 운전대만 돌린다고 할 때, 충돌을 피하기 위한 벽으로부터의 최소 거리는 얼마인가? (d) (b)와 (c) 두 방법 중 어느 것이 충돌을 피하기에 더 나은 방법인가? 또는 브레이크도 잡고 운전대도 돌려야 하나, 아니면 어느 것도 하지 않아야 하나? 설명하라. (e) (d)의 결론이 문제에 주어진 값에 따라 달라지는가, 아니면 일반적으로 성립하는가? 설명하라.

36. 아래 표는 어떤 스카이다이버가 낙하할 때 매초(s)마다 측정된 시간 t 에 따른 낙하 거리 d 를 보여준다. 이 표를 이용하여 낙하 특성을 파악하여 스카이다이빙의 계획을 세우려 한다. (a) 피트(ft) 단위로 된 아래 표를 $1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$ 의 관계식을 이용하여 미터 단위로 변환하라. (b) d 와 t 의 관계를 그래프로 그려라. (c) 기울기가 일정해지는 부분의 측정점들을 이용하여 종단 속력 v_T 를 구하라. 종단 속력은 최소 제곱법을 이용하면 보다 정확하게 구할 수 있다.

t (s)	d (ft)	t (s)	d (ft)	t (s)	d (ft)
0	0	7	652	14	1,831
1	16	8	808	15	2,005
2	62	9	971	16	2,179
3	138	10	1,138	17	2,353
4	242	11	1,309	18	2,527
5	366	12	1,483	19	2,701
6	504	13	1,657	20	2,875

37. 그림 P6.37과 같이 그네가 달린 놀이기구가 있다. 이 놀이기구는 중앙에 수평으로 놓인 지름 $D = 8.00 \text{ m}$ 의 회전하는 원형 중심대에 길이 $d = 2.50 \text{ m}$ 의 질량이 무시되는 줄에 연결되어 질량 $m = 10.0 \text{ kg}$ 인 여러 개의 그네들이 매달려 있다. 중심대가 일정한 속력으로 회전하면 그네는 바깥쪽으로 밀려나고 줄은 연직축과 $\theta = 28.0^\circ$ 의 각도를 이룬다. 이때 (a) 각 그네들의 속력을 구하라. (b) 그네를 타고 있는 40.0 kg 의 어린이에 작용하는 힘들을 그림으로 나타내라. (c) 줄에 작용하는 장력의 크기는 얼마인가?

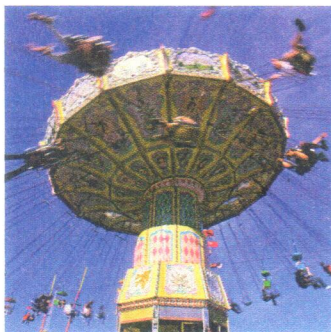


그림 P6.37

Stuart Gregory/Photographer's Choice/Getty Images

38. 예제 6.3에서 관람차에 탄 사람이 받는 힘에 대해 살펴보았다. 예제의 값들과 동일한 조건에서, 최고점과 최저점의 중간 지점에 있는 좌석이 40.0 kg 의 어린이에게 가하는 힘의 크기와 방향을 구하라.
39. 그림 P6.39와 같은 모양의 원통형 놀이 기구가 있다. 커다란 수직 원통이 빠른 속력으로 회전해서 탑승자가 바닥을 지지하지 않아도 원통의 내부 벽에 마찰에 의해 붙어 있을 수 있게 되어 있다. 사람과 벽 사이의 정지 마찰 계수는 μ_s 이고 원통의 내부 반지름은 R 이다. (a) 사람이 떨어지지 않기 위한 원통의 최대 회전 주기가 $T = (4\pi^2 R \mu_s / g)^{1/2}$ 임을 보여라. (b) 만약 회전 속력이 좀 더 빨라지면 탑승자에 작용하는 힘의 크기는 각각 어떻게 변화하는가? (c) 반대로 회전 속력이 좀 더 느려지면 어떻게 변화하는가? 그리고 탑승자의 운동에는 어떤 영향을 끼치는가?

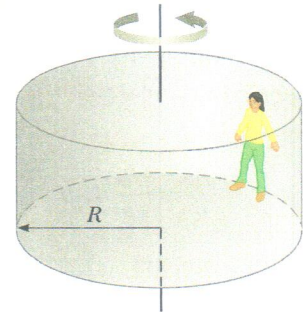


그림 P6.39

40. 그림 P6.40에서처럼 단면이 경사진 도로에서 차는 곡선을 더 빠른 속력으로 달릴 수 있다. 곡선의 곡률 반지름은 R 이고, 도로의 경사 각도는 θ , 정지 마찰 계수는 μ_s 라고 할 때, (a) 자동차가 경사에서 미끄러져 내려오거나 올라가는 일이 벌어지지 않을 속력의 범위를 구하라. (b) 이 속력 범위에 정지 상태도 포함되기 위해서는 μ_s 가 어떤 값보다 커야 하는가?

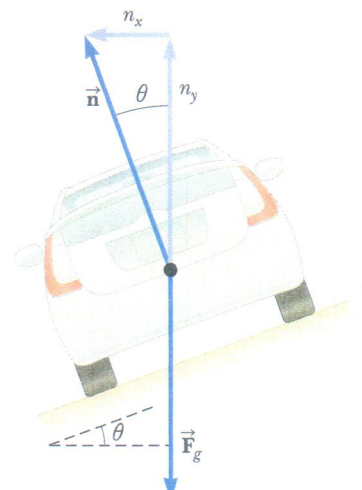


그림 P6.40