

2026
중등 교원 임용
시험 대비

권은성 ZOOM 전공체육

운동역학

권은성·조운호 편저

박문각 인문·자연

www.pmunhak.com

박문각

차례

CONTENTS

PART

01

운동역학의 기초

Chapter 01 운동역학 개요

- 01. 운동역학의 필요성 ... 10
- 02. 운동역학의 내용 ... 12
- 03. 운동역학의 목적 ... 14
- 04. 운동의 정의와 종류 ... 16

PART

02

운동학적 분석

Chapter 01 선운동의 운동학적 이해

- 01. 선운동의 운동학적 기초 ... 20
- 02. 투사체 운동의 운동학적 분석 ... 33
- ▣ 연습문제 ... 39

Chapter 02 각운동의 운동학적 이해

- 01. 각운동의 운동학적 기초 ... 44
- 02. 각운동의 운동학적 분석 요인 ... 45
- 03. 선운동과 각운동의 통합 ... 49
- ▣ 연습문제 ... 55

PART

03

운동역학적 분석

Chapter 01 선운동의 운동역학적 이해

01. 선운동의 운동역학적 기초	... 62
02. 힘	... 63
03. 힘의 유형	... 76
04. 뉴턴의 운동 법칙	... 78
05. 힘과 선운동	... 80
06. 충돌의 운동역학적 원리	... 97
07. 일과 일률	... 118
08. 에너지	... 122
▣ 연습문제	... 134

Chapter 02 각운동의 운동역학적 이해

01. 각운동의 운동역학적 기초	... 159
02. 지레와 인체의 기계작용	... 175
03. 구심력과 원심력	... 181
04. 각운동량과 각충격량	... 189
05. 토크에 의한 일과 일률	... 199
▣ 연습문제	... 202

Chapter 03 유체역학

01. 유체	... 213
02. 부력	... 215
03. 항력	... 218
04. 양력	... 222
▣ 연습문제	... 228

PART

04

인체역학 및 현장 적용

Chapter 01 인체역학

01. 인체의 해부학적 지식	... 234
02. 인체의 물리적 특성	... 242
03. 인체의 균형과 안정성	... 244
▣ 연습문제	... 249

Chapter 02 스포츠 현장 분석

01. 걷기와 달리기	... 255
02. 뛰기	... 261
03. 던지기	... 267
04. 수영	... 271
05. 기타 종목	... 273

▣ 연습문제 정답 및 해설	... 278
----------------	---------

주요 공식

* 등가속도운동 식

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t, \quad \vec{S} = \vec{v}_0t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2, \quad 2\vec{a}\vec{S} = \vec{v}^2 - \vec{v}_0^2$$

* 평균속도 $\vec{v} = \frac{\text{변위 } \vec{S}}{\text{시간 } t}$, 등가속도운동의 경우 $\frac{\text{처음순간속도 } \vec{v}_0 + \text{나중순간속도 } \vec{v}}{2}$

$$\text{가속도 } \vec{a} = \frac{\vec{v}' - \vec{v}}{t}$$

* 물체의 가속도

$$\text{시간과 속도변화를 알 경우 } \vec{a} = \frac{\text{나중순간속도 } \vec{v} - \text{처음순간속도 } \vec{v}_0}{\text{시간 } t}$$

$$\text{알짜힘을 구할 수 있을 경우 } \vec{a} = \frac{\vec{F}_{\text{알짜}}}{m}$$

* 구심가속도 $a = \frac{v^2}{r} = r\omega^2$ 원 궤도 중심 방향

$$\text{* 구심력 } F = m \frac{v^2}{r} = mr\omega^2 (\text{N})$$

원심력: 구심력과 같은 크기로, 반대 방향으로 작용. 질량중심에 작용

* 탄성력 $F = kx$ (N)

* (최대정지마찰력) = (정지마찰계수) × (수직항력)

$$\text{(운동마찰력)} = \text{(운동마찰계수)} \times \text{(수직항력)}$$

* 상대속도

$$\text{속도 } \vec{v}_A \text{인 물체 A에 대한, 속도 } \vec{v}_B \text{인 물체 B의 상대속도 } \vec{v}_{AB} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$$

- * 순간선속도 $v = \text{반지름 } r \times \text{순간각속도 } \omega$
 평균선속력 $v = \text{반지름 } r \times \text{평균각속도 } \omega$

- * 호의 길이 $l = \text{반지름 } r \times \text{각도(각변위) } \theta$

- * $v = r\omega$: 평균선속력, 반지름, 평균각속도 사용 or 순간선속도, 반지름, 순간각속도 사용

- * $a = r\alpha$

- * 등가각속도운동(등속원운동) 식

$$\omega = \omega_0 + \alpha t, \theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2, 2\alpha\theta = \omega^2 - \omega_0^2$$

- * 회전관성(관성모멘트) $I = I_0 + mR^2$, I_0 는 해당 물체의 질량중심을 축으로 하는 관성모멘트

- * 선운동량 $\vec{p} = m\vec{v}$, 충격량 $\vec{I} = \vec{F}t$
 (알짜힘에 의한 충격량 \vec{I}) = (운동량 변화 $\Delta\vec{p}$)

- * 반발계수 $e = \left| \frac{v_{AB}'}{v_{AB}} \right| = \frac{v_1' - v_2'}{v_2 - v_1} = \sqrt{\frac{h}{H}}$ 충돌면 수직 방향 속도에만 적용

- * 각운동량 $\vec{L} = I\vec{\omega}$ (L 과 ω 는 순간 각운동량, 순간각속도)

- * (평균각충격량 \vec{H}) = (평균토크 $\vec{\tau}$) \times (시간 t)
 시간 t 가 필요하므로 충격량과 토크는 "순간"값일 수 없음
 (알짜 토크에 의한 각충격량 \vec{H}) = (각운동량 변화 $\Delta\vec{L}$)



권은성 ZOOM 전공체육

학명

PART

02

운동학적 분석

Chapter 01 선운동의 운동학적 이해

Chapter 02 각운동의 운동학적 이해

01 선운동의 운동학적 기초

물리량	기호	단위	정의	물리량	기호	단위
이동거리	d	m	실제이동거리	면적	A	m^2
변위	\vec{d}	m	위치 변화	질량	m	kg
시간	t	s	단위시간	힘	\vec{F}	$N(=kg \cdot m/s^2)$
속도	\vec{v}	m/s	1초당 변위변화	압력	P	$Pa(=N/m^2)$
가속도	\vec{a}	m/s^2	1초당 속도변화	부피	V	m^3, ℓ
초속도	\vec{v}_0, \vec{v}_i	m/s	운동의 처음 속도	밀도	ρ	kg/m^3
종속도 (나중 속도)	\vec{v}_f		운동의 마지막 시점 속도	비중	γ	N/m^3
수직속도	\vec{v}		전체 속도의 수직 성분	토크 (회전력)	$\vec{\tau}$	Nm
수평속도		전체 속도의 수평 성분	(선)충격량	\vec{I}	$Ns = kg \cdot m/s$	
				각충격량	\vec{H}	$Nms = kg \cdot m^2/s$

※ "물리량": 물리(운동역학) 학문에서 등장하는, 수치로 나타낼 수 있는 모든 개념

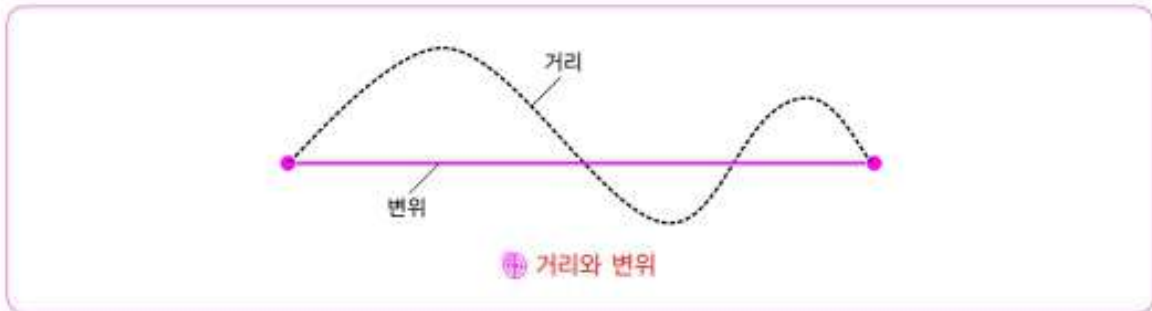
※ "기호": 특정 물리량을 나타내는 문자. 벡터량일 경우 문자 위에 화살표 표시

※ "부호": + / -

※ 그리스 문자

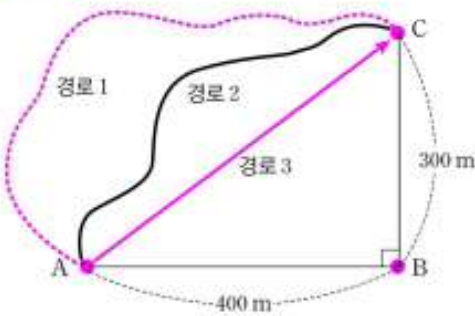
τ : 타우[tau], ρ : 로[rho], γ : 감마[gamma], Δ : 델타(delta)

1. 거리와 변위 2024년 A 3번



(1) 이동거리	<ul style="list-style-type: none"> • 물체가 움직여 지나간 궤적의 길이 • 스칼라량이며 항상 양의 값
(2) 변위	<ul style="list-style-type: none"> • 최초 위치에서 마지막 위치로의 방향과 두 지점 간의 최단거리를 나타내는 벡터

예시



	이동거리(m)	변위(m)
경로 1	경로 1 길이	500
경로 2	경로 2 길이	500
경로 3	500	500
경로 4	700	500

문제

육상 선수가 600m 트랙을 10바퀴 돌아서 제자리에 도착하였다. 이 상황에서 이동거리와 변위를 구하시오.



풀이

- 이동거리
 $600\text{m} \times 10\text{바퀴} = 6000\text{m} = 6\text{km}$
- 변위
 트랙을 돌아 제자리로 돌아왔으므로 처음 위치와 나중 위치가 같아 변위는 0

문제 2

그림에서와 같이 최초로 위쪽으로 20m/s로 달리던 주자가 등가속도 운동을 한다. 주자는 계속 직선상에서 운동을 하며, 출발 직후 주자는 속력이 점차 느려졌다. 다음 물음에 답하시오. (위쪽이 (+), 아래쪽이 (-))



- (1) 가속도의 방향은?

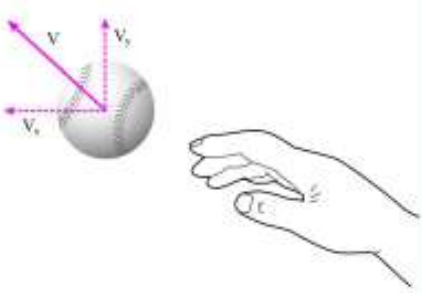
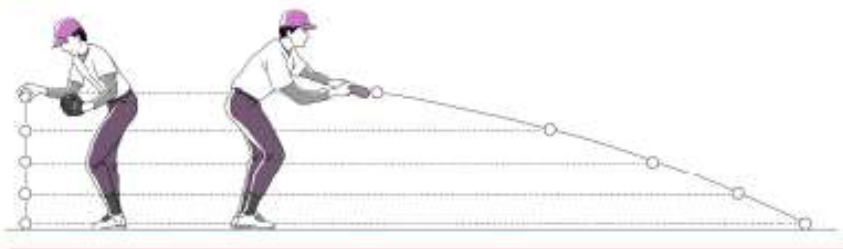
- (2) 가속도의 크기가 10m/s^2 라면 ① 멈출 때까지 걸리는 시간과 ② 그때까지 변위, ③ 이동거리는?

- (3) 가속도의 크기가 10m/s^2 라면 3초 동안 등가속도 운동을 했을 때 ① 3초 후의 속도 ② 3초 동안의 변위 ③ 3초 동안의 이동거리는?

- (4) 가속도의 크기가 10m/s^2 라면 4초 동안 등가속도 운동을 했을 때 ① 4초 후의 속도 ② 4초 동안의 변위 ③ 4초 동안의 이동거리는?

- (5) 가속도의 크기가 10m/s^2 라면 5초 동안 등가속도 운동을 했을 때 ① 5초 후의 속도 ② 5초 동안의 변위 ③ 5초 동안의 이동거리는?

02 투사체 운동의 운동학적 분석 2012년 34번

<p>1. 투사체 운동의 분석</p>	<p>투사체란 공기저항과 중력의 영향만 받는 자유 낙하체로 농구공, 원반, 높이뛰기 선수, 스카이다이버 운동 등이 해당된다.</p>
	<p>(1) 운동 분석</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <ol style="list-style-type: none"> ① 투사체 운동에서 수직 성분은 중력의 영향을 받고, 공기저항을 무시한다면 수평 성분은 어떠한 힘의 영향도 받지 않는다. ② 투사체 운동의 수직 성분은 투사체의 최대 높이와 운동 시간, 수평적 성분은 투사체가 날아간 수평 거리와 관련된다. ③ 투사체 운동의 수직 성분과 수평 성분은 서로 독립적이다. <p>※ 문제 풀이 시, 투사체 최초속도를 수평 성분과 수직 성분으로 분해하여 풀이한다.</p> </div> </div>
	<p>(2) 적용</p> <p>예시</p>  <p>최초에 하나의 야구공은 1m 높이에서 수직으로 하강을 시작하고, 다른 야구공은 1m 높이에서 수평 방향으로 타격되었다. 공기저항이 없다고 가정할 경우 두 공의 최초 수직 속도가 동일하다면 두 공은 동시에 지면에 떨어진다.</p>
<p>2. 공기저항이 무시될 경우, 투사체 운동의 특성</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 투사높이와 착지높이가 동일할 때, 좌우대칭의 포물선 운동을 한다. • 정점(최고 높이)에서 순간 수직속도는 0m/s이다. • 투사높이와 착지높이가 동일할 때, 투사시점과 착지시점의 수평속도와 수직속력은 각각 동일하다. • 수평 성분은 등속도 운동, 수직 성분은 등가속도 운동을 한다. • 운동 중 투사체의 역학적에너지는 보존된다.

02

문제 ②

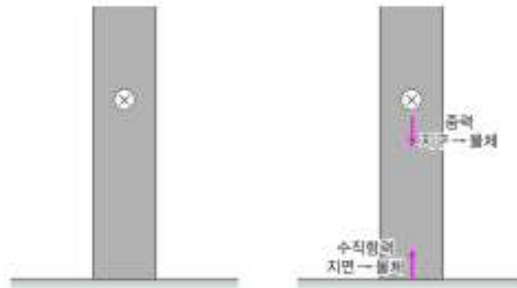
그림과 같이 사람이 역기를 들고 가만히 서 있다. 다음 물음에 답하시오.



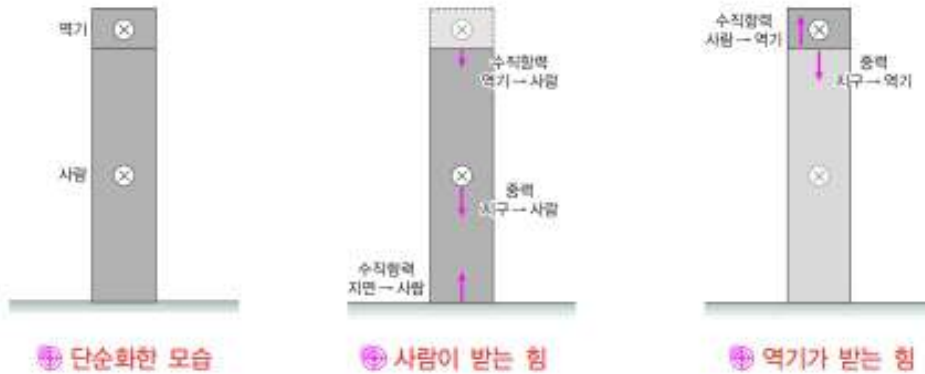
- (1) 역기와 사람을 하나의 물체로 보고, 물체가 받는 힘을 표시하면?
- (2) 사람과 역기를 개별 물체로 보고, 각각이 받는 힘을 표시하면?

풀이 ②

(1) 사람과 역기를 하나의 "물체"로 보았을 때

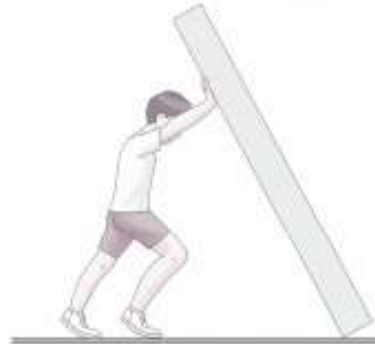


(2) 사람과 역기를 각각의 물체로 보았을 때

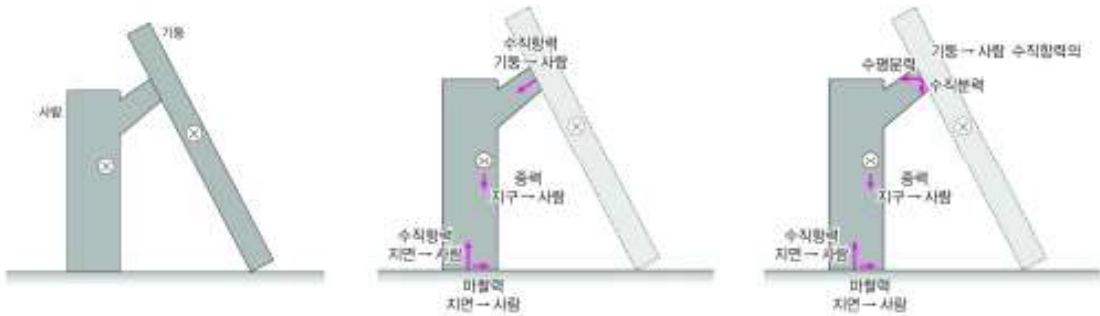


문제 6

그림과 같이 기둥이 쓰러지려 하는 것을 사람이 떠받쳐 버티고 있다. 사람과 기둥 각각이 받는 힘을 표시하시오.



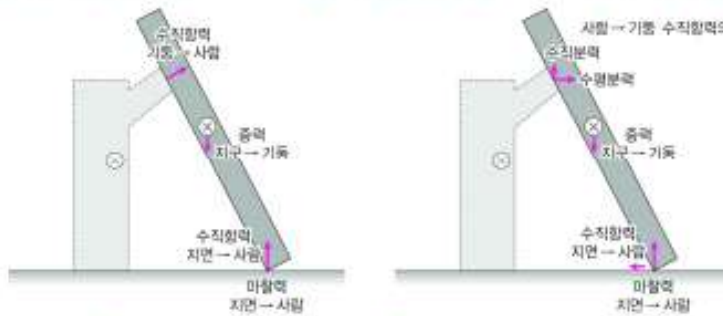
풀이 6



① 상황을 간단히 나타낸 모습

② 사람이 받는 힘

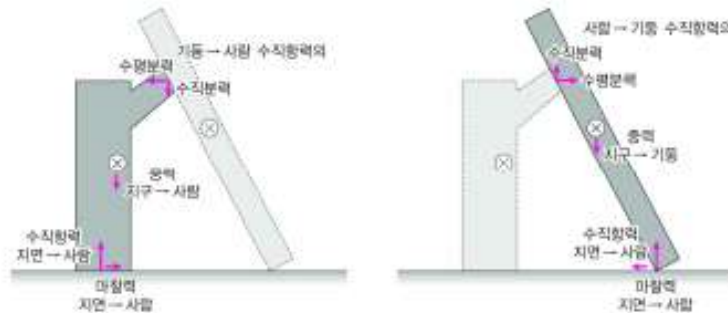
③ 수직항력을 수평/수직으로 나눈 모습



④ 기둥이 받는 힘

⑤ 수직항력을 수평/수직으로 나눈 모습

• 종합 정리



(2) 충격량

충격량 = 힘 × 작용시간

$$\vec{I} = \vec{F} \times \Delta t$$

① 개념

- 충격량은 시간 동안 물체에 가해진 힘의 총량
- 물체에 가한 충격의 양 혹은 물체의 운동 상태를 변화시킨 양
- 충격량은 크기와 방향을 가진 벡터양
- 충격량의 단위는 N · s로, 운동량 단위 kg · m/s와 차원이 일치

② 적용

예시-1

정지된 공에 1초 동안 힘을 가한다면, 1N의 힘보다 10N의 힘을 가할 때 공의 최종속도는 더 빨라지며, 0.1초 동안 힘을 가하는 것보다 1초 동안 힘을 가할 때 공의 최종속도는 더 빨라진다.

예시-2

높이뛰기 발구름 마지막 순간 후방 경사와 플스쿼트를 통해 작용시간과 지면반력에 의한 충격력을 증가시키면 충격량이 증가된다.

예시-3

단거리 선수 접지기 시 인체 중심이 수직 하방 전방에 위치할 경우 (+) 충격량으로 작용되고, 인체 중심이 수직 하방 후방에 위치하면 (-) 충격량으로 작용된다.

출발	(-) 충격량 < (+) 충격량 → 수평속도 증가
전력 질주	(-) 충격량 = (+) 충격량 → 수평속도 일정
결승선 통과 후	(-) 충격량 > (+) 충격량 → 수평속도 감소

⊗ 충격량은 힘을 주고받는 물체의 접촉 또는 충돌을 전제로 하지 않는다.

(3) 운동량과 충격량 관계

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}$$

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \left(\frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t} \right) = \frac{m\vec{v} - m\vec{v}_0}{\Delta t}$$

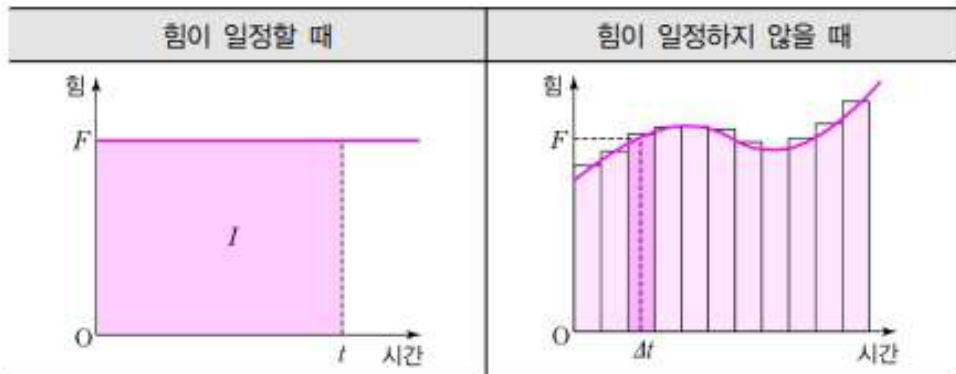
$$\vec{F}\Delta t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$$

$$\vec{I} = F\Delta t = \Delta \vec{p}$$

알짜힘에 의한 충격량 = 운동량의 변화량

- 물체의 운동량은 물체에 가한 알짜힘에 의한 충격량만큼 변화된다.
즉, 알짜힘에 의한 충격량은 운동량의 변화량과 같다.

① 개념



- 시간에 따른 힘 그래프에서 힘이 가해지는 시간 Δt 동안 힘 F 의 크기가 일정한 경우, 넓이는 힘과 시간의 곱으로 충격량 또는 운동량의 변화량을 의미한다. 단, 힘의 크기가 일정하지 않을 때에는 힘을 시간에 대하여 적분하여 나타낸다. 충돌 과정에서 물체에 가해진 충격량은 그래프 넓이에 해당한다.

$$\vec{F} = \frac{\vec{I}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{m\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

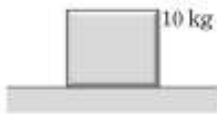
- \vec{F} 는 평균충격력이다.

연습문제

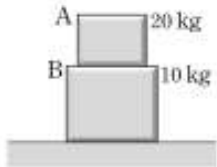
정답 및 해설 p.280

* 모든 문제에서, 수평 방향에 대하여 오른쪽이 (+), 수직 방향에 대하여 위쪽이 (+)이고, $\pi = 3.14$ 라고 둔다. 중력가속도의 크기 $g = 10\text{m/s}^2$ 이다. 공기저항은 무시한다.

027 그림과 같이 질량 10kg인 물체가 바닥에 놓여 정지해 있다. 다른 외력은 받지 않는다고 할 때, 물체가 받는 힘은 무엇이 있으며, 각각의 크기와 방향은 어떠한가?

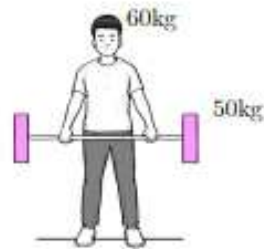


028 그림과 같이 질량 10kg인 물체 B 위에 질량이 20kg인 A가 놓여 정지해 있다. 다른 힘은 더 받지 않는다고 할 때, 각각의 물체가 받는 힘은 무엇이 있으며, 각각의 크기와 방향은 어떠한가?



- (1) A가 받는 힘
- (2) B가 받는 힘

029 질량 60kg인 사람이 그림과 같은 모습으로 50kg인 바벨을 들고 정지 상태를 유지하고 있다. 다음 물음에 답하시오.



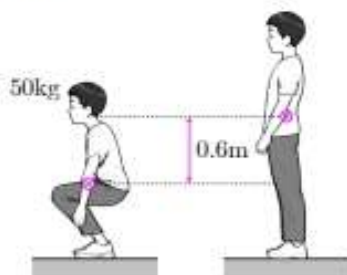
- (1) 인체가 받는 힘을 모두 찾아 크기와 방향을 답하시오.
- (2) 바벨이 받는 힘을 모두 찾아 크기와 방향을 답하시오.

030 질량 60kg인 사람이 그림과 같은 모습으로 50kg인 바벨을 들고 정지 상태를 유지하고 있다. 다음 물음에 답하시오.



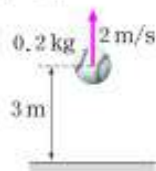
- (1) 인체가 받는 힘을 모두 찾아 크기와 방향을 답하시오.
- (2) 바벨이 받는 힘을 모두 찾아 크기와 방향을 답하시오.

031 그림과 같이 질량 50kg인 사람이 앉아서 정지해 있다가 일어난 후 정지하였다. 이 과정에서 0.2초 동안 질량중심은 위로 0.6m만큼 이동하였다. 다음 물음에 답하십시오.



- (1) 사람에게 가해진 중력은?
- (2) 사람 질량중심의 평균속도는?
- (3) 사람이 일어서는 과정에서 질량중심의 평균가속도는?
- (4) 사람이 일어서는 과정에서 바닥이 사람에게 가한 힘의 종류와 크기 및 평균 크기는?
- (5) 사람이 일어서는 과정에서 사람이 지면에 가한 힘의 종류와 크기 및 평균 크기는?

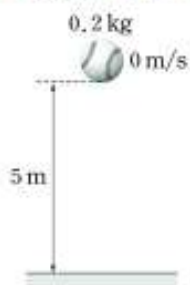
032 그림과 같이 질량이 0.2kg인 야구공이 높이 3m 지점에서 위로 2m/s로 운동하고 있다. 현재 야구공이 받는 힘과 가속도는?



033 그림과 같이 질량이 0.2kg인 야구공이 높이 3m 지점에서 회전하며 곡선 경로를 따라 움직인다. 최초 상황으로부터 0.1초 후 야구공이 받는 힘과 가속도는?



034 그림과 같이 질량 0.2kg인 야구공이 정지해 있다가 낙하를 한다. 야구공의 바닥면으로부터 지면까지의 거리는 5m이다. 야구공이 바닥에 닿을 때까지 걸리는 시간과 바닥에 닿는 순간 속도는?





2024 고객선호브랜드지수 1위
교육(교육서비스)부문 1위



2023 고객선호브랜드지수 1위
교육(교육서비스)부문 1위



2022 한국 브랜드 만족지수 1위
교육(교육서비스)부문 1위



2021 조선일보 국가브랜드 대상
에듀테크 부문 수상



2021 대한민국 소비자 선호도 1위
교육부문 1위



2020 한국 산업의 1등
브랜드 대상 수상



2019 한국 우수브랜드
평가대상 수상



2018 대한민국 교육산업 대상
교육서비스 부문 수상



브랜드스탁 BRTI
브랜드 가치평가 1위

권은성 ZOOM 전공체육

운동역학



www.pmg.co.kr

교재 관련 문의 02-6466-7202 | 학원 관련 문의 02-816-2030 | 동영상 강의 문의 02-6466-7201

정가 20,000원



14690

9 791172 624774

ISBN 979-11-7262-477-4

SET 979-11-7262-475-0