

(가)는 운동 뉴런, (나)는 연합 뉴런, (다)는 감각 뉴런이다. (나)는 말미집이 없는 민말미집 신경이므로 도약 전도가 일어나지 않는다. 흥분의 전달 방향은 (다) → (나) → (가)이다.

**11. [출제의도] 흥분의 전도와 전달 이해하기**

A는  $Na^+$ 이 신경 세포 내로 유입되어 탈분극이 일어나는 구간이고, B는  $K^+$ 이 신경 세포 밖으로 유출되어 재분극이 일어나는 구간이다. c. 역치 이상의 자극에서 자극의 세기를 증가시켜도 h 값은 일정하다.

**12. [출제의도] 근육 수축의 원리 적용하기**

ㄱ. ㉠은 액틴 필라멘트이다. c. 근육이 이완할 때 A대 길이는 변하지 않는다.

**13. [출제의도] 혈액형 이해하기**

철수의 혈액은 항 A 혈청에서 응집 반응이 일어나지 않고, 항 B 혈청에서만 응집 반응이 일어났으므로 혈액형은 B형이다. ㄱ. ㉠은 응집소  $\alpha$ 이다. c. 철수의 혈액을 O형인 사람에게 수혈할 수 없다.

**14. [출제의도] 방어 작용 이해하기**

ㄱ. 세포 독성 T림프구에 의한 방어 작용은 특이적 면역이다. ㄴ. 보조 T림프구의 자극으로 B림프구가 형질 세포와 기억 세포로 분화된다.

**15. [출제의도] 염색체 돌연변이 자료 분석하기**

E는 성염색체를 1개만 가지고 있는 여자이므로 터너 증후군이다. ㄴ. A는 색맹 보인자인 여자, B는 정상 남자이다. E가 태어날 때 A와 B 중 한 사람의 감수 분열에서만 성염색체 비분리가 1회 일어났으므로 B의 감수 분열에서 성염색체 비분리가 일어났다. c. C와 D 사이에서 아이가 태어날 때 이 아이가 색맹 유전자를 가질 확률은 50%이다.

**16. [출제의도] 개체군의 특성 이해하기**

이론적 성장 곡선과 실제 성장 곡선의 개체수 차이는 환경 저항 때문이다. 일정한 공간에서 개체수는  $t_1$ 일 때보다  $t_2$ 일 때가 많으므로 개체군의 밀도는  $t_1$ 일 때보다  $t_2$ 일 때가 높다. c. 실제 성장 곡선에서  $t_2$ 일 때 개체 사이에 경쟁이 일어난다.

**17. [출제의도] 군집의 특성 적용하기**

(가)에서 콩과식물과 뿌리혹박테리아는 상리 공생 관계이고, (나)에서 쉼시빌레 A종과 B종은 경쟁 관계이다.

**18. [출제의도] 물질의 순환과 에너지 흐름 이해하기**

생태계는 무기 환경과 생물 군집으로 이루어져 있다. 물질은 순환하고 에너지는 순환하지 않는다. 안정된 생태계에서 상위 영양 단계로 갈수록 각 영양 단계가 가진 에너지량은 감소한다.

**19. [출제의도] 천이 과정 자료 분석하기**

이 천이 과정은 물이 있는 곳에서 시작한 습성 천이 과정이고, 습수림이 극상을 이룬다.

**20. [출제의도] 생물 다양성 적용하기**

식물 군집 (가)와 (나)에 있는 식물 종은 각각 4종이다. c. 종 다양성은 종의 수가 많을수록, 종의 분포 비율이 고를수록 높으므로 (가)보다 (나)가 높다.

**[지구과학 I]**

1	5	2	3	3	2	4	5	2
6	4	7	1	8	4	9	3	10
11	1	12	2	13	5	14	4	15
16	3	17	5	18	2	19	2	20

**1. [출제의도] 친환경 에너지 이해하기**

ㄱ. (가)는 지구 내부 에너지를 이용한 지열 발전 방식이다. ㄴ. (나)는 조수 간만의 차를 이용한 조력 발전으로 조차가 큰 지역에 설치하는 것이 유리하다. c. 지열 발전과 조력 발전은 지구 내부의 열 에너지와 조석 에너지를 이용하므로 지속 가능하다.

**2. [출제의도] 풍화 작용 이해하기**

ㄱ. 기계적 풍화에 의해 절리가 생기면 표면적이 넓어지므로 풍화 작용이 더 잘 일어난다. ㄴ. 산성비는 암석의 성분을 쉽게 변화시키므로 화학적 풍화의 진행 속도를 증가시킨다. c. 기계적 풍화 작용은 한랭 건조한 지방에서, 화학적 풍화 작용은 고온 다습한 지방에서 우세하게 일어난다.

**3. [출제의도] 탄소의 순환 과정 이해하기**

ㄱ. 수온이 높을수록 기체의 용해도가 작아지기 때문에 기권에서 수권으로 이동하는 탄소의 양은 줄어든다. ㄴ. B 과정은 식물의 광합성 작용에 해당하므로 탄소가 기권에서 생물권으로 이동한다. c. 탄소는 지구계에서 순환하기 때문에 전 지구의 탄소량은 변화 없다.

**4. [출제의도] 판의 경계와 주변 지형 이해하기**

ㄱ. A는 열점에서 생성된 마그마가 분출하는 곳으로 새로운 판이 생성되는 곳이 아니다. ㄴ. B는 해령으로서 맨틀 대류의 상승부에 해당한다. c. 해령에서는 새로운 해양 지각이 생성되므로 해령에서 멀어질수록 해양 지각의 나이는 증가한다.

**5. [출제의도] 지진의 규모와 진도 이해하기**

ㄱ. 지진 규모는 지진의 에너지를 나타내는 것으로서 동일한 지진의 규모는 장소와 관계없이 일정하다. ㄴ. 진도는 지표면이 흔들린 정도에 의해 결정되므로 진도가 큰 B 지역이 A 지역보다 흔들린 정도가 크다. c. 진앙으로부터의 거리가 짧을수록 P 파와 S 파의 도달 시간 차이는 작다.

**6. [출제의도] 토양의 생성 과정 이해하기**

ㄱ. 토양은 기반암 → 모질물 → 표토 → 심토 순으로 생성된다. ㄴ. 유기물이 가장 많이 포함된 층은 표토이다. c. 점토는 표토에서 생성되며 풍화가 진행될수록 표토에서 심토로 공급된 점토의 양이 증가한다.

**7. [출제의도] 엘니뇨 현상 이해하기**

ㄱ. 평상시에 비해 무역풍의 세기가 약해지면 무역풍에 의해 형성된 남적도 해류의 세기가 약해진다. ㄴ. 무역풍이 약해지면 적도 부근의 동태평양에서 서태평양으로 운반되는 표층수의 양이 감소하므로 B 해역에서 용승이 약해진다. c. 남적도 해류 및 용승이 약해지면 B 해역의 수온이 상승하므로 평상시보다 A 해역과 B 해역 간의 해수면 온도 차이가 줄어든다.

**8. [출제의도] 지구 온난화 이해하기**

ㄱ. 이 기간 동안 빙하의 부피가 점차 줄어들고 있다. ㄴ. 빙하의 부피가 감소하면 반사율이 높은 빙하의 분포 면적이 감소하므로 극지방의 반사율은 감소한다. c. 육지의 빙하가 녹는 물은 바다로 흘러가므로 해수면은 상승하게 된다.

**9. [출제의도] 한반도의 지질 구조 이해하기**

ㄱ. 습곡 구조는 횡압력을 받아 형성된다. ㄴ. 물결 무늬는 수심이 얇은 물속에서 퇴적물 표면에 물결 자국이 보존된 퇴적 구조이다. c. 변성암이 생성되는 고온고압 환경에서는 화석이 보존되기 어렵다.

**10. [출제의도] 대기 오염 이해하기**

ㄱ.  $NO_2$ 는 자동차 배기가스로 배출되는 대표적인 물질이므로 (나)는 지표 부근에서 활발하게 일어나는 오존 생성 반응식이다. ㄴ. 지표 부근의 오존은 호흡기 질환을 일으킬 수 있는 오염 물질로 작용한다.

c. 오존 생성 반응에는 자외선이 필요하므로 (가)와 (나)는 모두 아침보다 자외선이 강한 한낮에 더 잘 일어난다.

**11. [출제의도] 태풍 이해하기**

ㄱ. 태풍이 서해상을 통과하는 동안에 우리나라는 태풍 진행 경로의 오른쪽에 위치하게 되므로 풍속이 강한 위험 반원에 속한다. ㄴ. 태풍 진행 방향의 오른쪽에 위치한 지역에서는 태풍이 진행함에 따라 태풍 중심을 향해 등압선을 가로질러 불어 들어가는 바람의 방향이 점차 시계 방향으로 변하게 된다. c. 태풍이 육지에 상륙하면 그 세력이 약해지므로 중심 기압은 높아진다.

**12. [출제의도] 온대 저기압과 주요 악기상 이해하기**

ㄱ. 뇌우는 강한 상승 기류에 의해 형성되는 적란운에서 주로 나타나고 천둥, 번개 및 소나기를 동반한다. ㄴ. B 지역은 한랭 전선과 온난 전선 사이로 현재 날씨가 맑고 남풍 계열의 바람이 분다. c. 온대 저기압이 통과할 때 뇌우가 주로 나타날 수 있는 곳은 적란운이 발달하는 한랭 전선 부근이다.

**13. [출제의도] 태양의 자전과 썰알 무늬 이해하기**

ㄱ. 태양의 자전 각속도는 저위도가 고위도보다 크므로 자전 주기는 저위도가 더 짧다. ㄴ. 썰알 무늬의 밝은 부분은 광구 아래의 대류가 상승하는 영역이므로 온도가 높고, 어두운 부분은 대류가 하강하는 영역이므로 온도가 낮다. c. 위도에 따른 차등 자전과 광구 아래의 대류 운동을 통해 태양의 내부가 유체 상태를 알 수 있다.

**14. [출제의도] 기후 변화 요인 이해하기**

ㄱ. 지구가 근일점을 지날 때, 북반구는 남반구에 비해 태양의 고도가 낮으므로 우리나라는 겨울철이다. ㄴ. A 시기에 이심률은 현재보다 더 작아 공전 궤도는 현재보다 원에 가깝다. c. 지구 자전축 경사각의 변화만 고려할 때, B 시기에 자전축의 경사각이 현재보다 작았으므로 30°N 지역은 현재보다 기온의 연교차가 작았을 것이다.

**15. [출제의도] 우주 망원경의 특성 이해하기**

ㄱ. B는 대기의 산란과 흡수, 요동에 의한 방해를 받지 않으므로 지상에 설치된 동일 구경의 광학 망원경보다 더 선명한 상을 얻을 수 있다. ㄴ. X선과 적외선 영역은 대기의 흡수율이 높은 파장 영역이다. c. A는 X선 영역, B는 주로 가시광선 영역으로 관측한다. X선은 고에너지 전자기파로서 가시광선을 방출하는 천체보다 더 고온의 천체를 관측하는 데 적합하다.

**16. [출제의도] 태양과 별의 연주 운동 이해하기**

ㄱ. A가 B보다 천구의 적도로부터 북쪽을 향해 더 멀리 있으므로 적위는 A가 B보다 더 크다. ㄴ. 6월 20일에 쌍둥이자리 태양보다 나중에 뜨기 때문에 새벽에는 관측할 수 없다. c. 지구의 공전으로 태양은 별자리에 대해 지구의 공전 방향인 시 → 동 방향으로 연주 운동한다.

**17. [출제의도] 행성의 시운동과 우주관 이해하기**

ㄱ. A 방향 시운동은 화성이 천구상에서 동 → 서 방향으로 이동할 때이므로 역행이다. ㄴ. 프톨레마이오스 우주관에서는 행성의 역행을 설명하기 위해 주전원을 도입했다. c. 코페르니쿠스 우주관은 태양 중심 우주관으로서 지구와 화성의 공전 속도 차이로 화성의 역행을 설명한다.

**18. [출제의도] 케플러 법칙 이해하기**

ㄱ. A의 공전 궤도 장반경은  $(1.37+1.67)/2=1.52AU$

이다.  $\therefore$  태양을 공전하는 천체의 공전 속도는 케플러 제2법칙에 의해 근일점에서 가장 빠르고, 원일점에서 가장 느리다.  $\therefore$  B의 공전 궤도 장반경은 2.22AU이며, 케플러 제3법칙에 의해 공전 궤도 장반경이 더 큰 B가 A보다 공전 주기가 길다.

**19. [출제의도] 일식의 원리와 특징 이해하기**

$\therefore$  일식은 달이 태양과 지구 사이에 위치할 때 발생하므로 이날 달의 위상은 삭이다.  $\therefore$  일식은 달이 태양의 서쪽부터 가리기 시작하므로 A, B, C에서의 일식 모습은 각각 c, b, a이다.  $\therefore$  태양이 B에 위치할 때의 일식은 부분 일식이므로 지구상의 관측자는 본그림자가 아닌 반그림자 영역에 위치한다.

**20. [출제의도] 태양을 이용한 시각과 절기 파악하기**

$\therefore$  태양은 오전에 가장 긴 그림자 방향의 반대 방향에서 뜬다.  $\therefore$  B쪽이 해가 뜨는 동쪽이고 북반구에서는 동쪽을 바라봤을 때 오른쪽이 남쪽이므로 막대를 기준으로 D 방향이 남쪽이다.  $\therefore$  하룻날은 태양의 고도가 가장 높아 그림자의 길이는 가장 짧다.

**[물리 II]**

1	①	2	⑤	3	④	4	①	5	①
6	②	7	②	8	④	9	③	10	⑤
11	②	12	③	13	③	14	③	15	④
16	⑤	17	⑤	18	⑤	19	④	20	③

**1. [출제의도] 물체의 운동 이해하기**

$\therefore$  비눗방울은 운동 방향이 변하므로 변위의 크기는 이동 거리보다 작다.  $\therefore$  등가속도 운동은 속도가 시간에 따라 일정하게 변하는 운동이다. 그러나 비눗방울의 속도는 일정하게 변하지 않으므로 등가속도 운동이 아니다.  $\therefore$  비눗방울이 아래로 운동하므로 위치 에너지가 변한다.

**2. [출제의도] 힘과 운동 상태의 관계 이해하기**

$\therefore$  단진동은 크기가 변위의 크기에 비례하고, 변위 방향에 대해 반대 방향으로 작용하는 알짜힘에 의한 운동이다.  $\therefore$  등속 원운동은 크기가 일정하고 운동 방향에 대해 수직으로 작용하는 알짜힘에 의한 운동이다.  $\therefore$  등가속도 직선 운동은 크기와 방향이 일정한 알짜힘에 의한 운동이다.

**3. [출제의도] 온도를 나타내는 방법 이해하기**

섭씨 온도 C, 절대 온도 T, 화씨 온도 F 사이의 관계는  $C = T - 273 = \frac{5}{9}(F - 32)$ 이다. 따라서  $86^\circ\text{F} > 25^\circ\text{C} > 290\text{K}$ 이다.

**4. [출제의도] 보일, 샤를의 법칙 탐구 수행하기**

(나)에서 장치의 공기를 천천히 빼면 장치 내부의 압력이 감소하여 풍선의 부피는 증가한다. (다)에서 액체 질소에 풍선을 담그면 풍선 안의 기체의 온도가 감소하여 풍선의 부피는 감소한다.

**5. [출제의도] 물체에 작용하는 힘의 방향과 운동 분석하기**

$\therefore$  0부터  $t_1$ 까지 우주선은 속력이 일정하게 증가하는 직선 운동을 하므로 등가속도 운동한다.  $\therefore$  추진 로켓에 매달린 우주선의 질량은 일정하다. 우주선의 속력이 증가하므로 운동 에너지는 증가하고, 우주선의 높이가 증가하므로 중력에 의한 위치 에너지가 증가한다. 따라서 역학적 에너지는 증가한다.  $\therefore$   $t_1$ 부터  $t_2$ 까지는 곡선 운동을 하므로 운동 방향이 변한다. 따라서 알짜힘의 방향은 운동 방향과 나란하지 않다.

**6. [출제의도] 일·운동 에너지 정리 적용하기**

물체가 0부터 5d까지 운동하는 동안, 알짜힘이 한 일의 최댓값은  $4Fd$ 이다. 알짜힘이 한 일은 운동 에너지의 변화량과 같으므로 운동 에너지의 최댓값은  $4Fd$ 이다.

**7. [출제의도] 포물선 운동 분석하기**

포물선 운동에서 물체는 연직 방향으로는 중력에 의해 등가속도 운동을 한다. 0초부터 1초까지 연직 이동 거리가 15m이므로, 0초일 때의 연직 방향의 속도  $v_0$ 은,  $s = v_0t - \frac{1}{2}gt^2 = 15\text{m}$ 에서  $v_0 = 20\text{m/s}$ 이다. 최고점에 도달하는 순간 연직 방향의 속도는 0이므로,  $v = v_0 - gt = 0$ 에서 최고점에 도달할 때까지 걸리는 시간은 2초이다.

**8. [출제의도] 2차원 탄성 충돌 이해하기**

$\therefore$  충돌 전 x축 방향의 운동량이 0이므로 충돌 후 A와 B의 x축 방향의 운동량의 크기는 서로 같다. 질량이 같으므로 x축 방향의 속력은 같다.  $\therefore$  충돌 후 같은 시간 동안 이동한 거리는 A가 B보다 크다. 따라서 운동량의 크기는 A가 B보다 크다.  $\therefore$  탄성 충돌에서 운동 에너지의 합은 충돌 전과 충돌 후가 같다.

**9. [출제의도] 좌표계에 따른 관성력 이해하기**

$\therefore$  철수의 좌표계에서 물체는 정지해 있다.  $\therefore$  물체는 +x방향으로 기울어져 있으므로 관성력의 방향은 +x방향이다.  $\therefore$  영희의 좌표계에서 버스는 운동 방향으로 속력이 감소하는 등가속도 운동을 한다.

**10. [출제의도] 단진자의 주기에 영향을 주는 변인 이해하기**

엘리베이터의 가속도가 a일 때, 길이가 l인 단진자의 주기는  $2\pi\sqrt{\frac{l}{g+a}}$ 이다.  $T_A = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g+a}}$ ,  $T_B = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ,  $T_C = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g-a}}$ 이다. 따라서 주기는  $T_C > T_B > T_A$ 이다.

**11. [출제의도] 열의 전도 이해하기**

철수: 전도는 물질을 이루는 분자들 사이의 충돌에 의해 열이 전달되는 방법이다. 민수: 각 열원과 접촉면 사이의 온도차는 A가 B보다 크다. 같은 시간 동안 전달되는 열은 같으므로 열전도율은 온도차와 반비례한다. 따라서 열전도율은 B가 A보다 크다. 영희: B 내에서 저열원에 가까울수록 온도가 낮다.

**12. [출제의도] 비열, 열용량, 열평형 이해하기**

$\therefore$  0~t까지 A가 잃은 열량과 B가 얻은 열량은 같다. 온도 변화는 A가 B의 3배이므로 열용량은 B가 A의 3배이다.  $\therefore$  열용량은 질량×비열이고, 질량은 B가 A의 2배이므로 비열은 B가 A의  $\frac{3}{2}$ 배이다.  $\therefore$  열평형에 도달하기 전, 열은 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동한다.

**13. [출제의도] 이상 기체 상태 방정식 적용하기**

피스톤이 정지해 있으므로 A와 B의 압력은 같고  $PV = nRT$ 이므로,  $T \propto \frac{V}{n}$ 이다. 따라서  $T_A : T_B = 1 : 3$ 이다.

**14. [출제의도] 온도에 따른 맥스웰 분포 이해하기**

$\therefore$  X, Y 중 온도가 높은 기체의 맥스웰 분포는 Y이다. A의 온도가 B보다 높으므로 A의 그래프는 Y이고, 기체 분자의 평균 속력은 A가 B보다 크다.  $\therefore$

단원자 분자 이상 기체의 내부 에너지  $U = \frac{3}{2}nRT$ 이다. 기체의 온도는 A가 높으므로 내부 에너지는 A가 크다.

**15. [출제의도] 압력-부피 그래프 해석하기**

$\therefore$  A→B 과정에서 기체의 부피가 증가하므로 기체는 외부에 일을 한다.  $\therefore$  C→D 과정에서 온도는 일정하므로 내부 에너지 변화는 없고, 부피가 감소하므로 외부로부터 받은 일만큼 열을 방출한다.  $\therefore$  D→A 과정에서 부피의 변화가 없으므로 기체가 한 일은 0이다. 따라서 기체가 흡수한 열량은 내부 에너지의 증가량과 같다.

**16. [출제의도] 단열 팽창 과정 적용하기**

$\Delta Q = W + \Delta U$ 이다. 단열 팽창 과정에서  $\Delta Q = 0$ 이고  $W > 0$ 이므로,  $\Delta U < 0$ 이다. 따라서 온도는 감소한다.  $PV = nRT$ 에서 T는 감소하고 V는 증가하므로 P는 감소한다. 평균 운동 에너지는 온도에 비례한다. 온도가 감소하였으므로 기체 분자의 평균 운동 에너지도 감소한다.

**17. [출제의도] 스티어링 엔진의 작동 과정 이해하기**

$\therefore$  (가)에서 기체는 고열원으로부터 열을 흡수하여 가열된다.  $\therefore$  (나)에서 기체가 팽창하므로 외부에 일을 한다.  $\therefore$  비가역 과정은 스스로 처음 상태로 돌아갈 수 없는 현상이다. (다)에서 냉각된 기체가 저열로 뜨거워지지 않으므로 이는 비가역과정이다.

**18. [출제의도] 등속 원운동 분석하기**

$\therefore$  물체는 0부터  $\frac{t}{2}$ 까지  $v_x$ 는 -x방향으로,  $v_y$ 는 +y방향으로 운동하므로 반시계 방향으로 원운동한다.  $\therefore$  주기가 2t이고, 0부터 t까지 x방향의 변위는 지름 S이다. 따라서 반지름은  $\frac{S}{2}$ 이다.  $\therefore$  각속도는  $\frac{2\pi}{\text{주기}}$ 이므로,  $\frac{\pi}{t}$ 이다.

**19. [출제의도] 용수철 진자의 단진동 이해하기**

$\therefore$  단진동의 중심에서 가속도는 0이다. t일 때 물체는 진동 중심에 있으므로 물체에 작용하는 탄성력과 중력은 평형을 이룬다. 따라서 물체에 작용하는 알짜힘은 0이다.  $\therefore$  2t일 때 물체는 B에서 정지한다.  $\therefore$  용수철 진자의 주기  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ 이다. 따라서 물체의 질량은 늘수록 주기는 커진다.

**20. [출제의도] 역학적 에너지 보존 법칙 적용하기**

중력에 의한 위치 에너지의 기준점이 B일 때, 물체의 역학적 에너지는  $2E_0$ 이다. 따라서 B에서 탄성력에 의한 위치 에너지  $\frac{1}{2}k(2y_0)^2 = 2E_0$ 이다. O에서 중력에 의한 위치 에너지는  $E_0$ , 탄성력에 의한 위치 에너지  $\frac{1}{2}ky_0^2 = \frac{1}{2}E_0$ 이므로 운동 에너지는  $\frac{1}{2}E_0$ 이다. [다른풀이]  $E_0 = mgy_0$ 이다. 역학적 에너지 보존에서  $\frac{1}{2}k(2y_0)^2 = \frac{1}{2}ky_0^2 + mgy_0 + E_k$ 이고,  $mg = ky_0$ 이므로  $E_k = \frac{1}{2}E_0$ 이다.

**[화학 II]**

1	①	2	②	3	⑤	4	④	5	③
6	⑤	7	②	8	①	9	④	10	③
11	③	12	③	13	④	14	⑤	15	⑤
16	③	17	②	18	①	19	③	20	①