

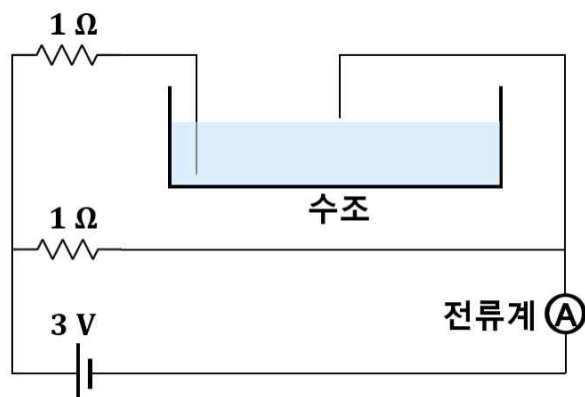
2023학년도 한국과학기술원 부설 한국과학영재학교 신입생선발 제2단계 창의적문제해결력검사 문제지

과목	과학	접수번호		성명		감독관	(인)
----	----	------	--	----	--	-----	-----

※ 모든 문제의 풀이 과정과 답을 답안지에 쓰시오. 문제지에 답한 내용은 채점되지 않습니다.

문항 번호 [1]

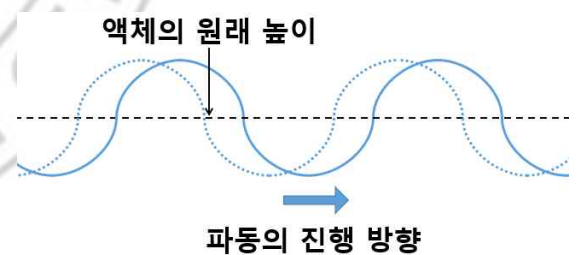
충분히 큰 수조에 전류가 잘 흐르는 액체가 <그림 1-1>처럼 담겨 있다. 이 액체는 전기회로에서 도선의 역할을 할 수 있다. 액체의 깊이는 충분히 깊고, 수조의 왼쪽 끝에는 도선이 깊이 잠겨 있다. 수조의 가운데에는 도선의 끝이 액체 표면에 닿기 직전의 위치에 있어서, 액체 표면이 조금이라도 위로 움직이면 도선과 액체는 서로 닿는다. 액체의 전기 저항은 무시할 수 있고, 액체는 도선에 들러붙지 않는다고 가정한다.



<그림 1-1>

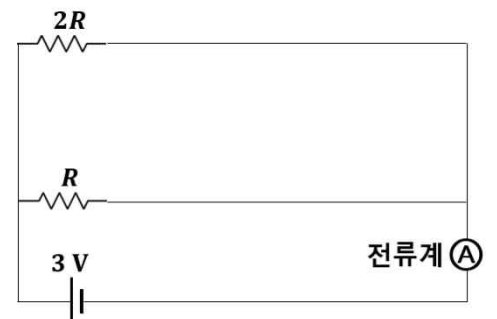
[1-1] 수조 속의 액체를 이루는 원자 1개를 한 변의 길이가 $\frac{2.0}{10^{10}}$ m인 정육면체라고 가정하자. 그리고 액체 $1.0\text{ cm} \times 1.0\text{ cm} \times 1.0\text{ cm}$ 부피 안에 이 원자를 빈틈없이 채웠다고 하자. 이 부피 안에 있는 원자의 개수만큼 원자를 1열로 빈틈없이 세웠을 때의 총 길이를 구하고, 이 길이를 태양과 지구 사이의 평균 거리(약 $1.5 \times 10^8\text{ km}$)와 비교하시오.

[1-2] <그림 1-1>의 수조 가운데 있는 도선의 위치에서 <그림 1-2>와 같이 마루의 높이와 골의 깊이가 같고 모양이 규칙적인 파동이 생겼다. 시간 $t = 0\text{ s}$ 에서 이 위치의 액체 표면은 진동수 $\frac{1}{4}\text{ Hz}$ 의 진동을 위쪽으로 시작하였다. 시간 $t = 0\text{ s}$ 부터 $t = 8\text{ s}$ 까지 전류계에 표시되는 전류값을 답안지에 주어진 그래프에 그리시오. 그래프의 좌표축에 전류 I 값과 시간 t 값을 표시하시오. 단, 파동은 모양을 계속 유지한 채로 진행하며, 수조의 벽에서 반사되는 파동의 효과는 고려하지 않는다.



<그림 1-2>

[1-3] 문항 [1-2]의 1주기 동안의 평균 전류값을 구하고, 이 값과 같은 전류값이 <그림 1-3>의 전류계에 표시될 때 저항 R 값을 구하시오.



<그림 1-3>

[1-4] 문항 [1-2]의 파동의 진동수를 높였을 때, 1주기 동안의 평균 전류값이 어떻게 변할지 예상하고, 그 이유를 설명하시오.

문항 번호 [2]

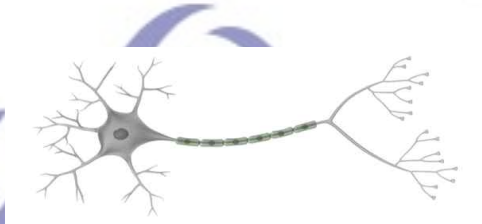
우리 몸의 신경계는 감각기관에서 받아들인 자극의 전달, 해석, 그리고 반응기를 통한 반응을 담당한다. 뉴런은 신경계를 구성하는 신경 세포로서 먼 거리까지 자극을 전달하기에 적합한 구조로 되어 있다.

[2-1] 우리가 시험지의 문제를 읽고 답안을 작성하는 동안의 반응 경로를 설명하시오.

[2-2] 우리 몸에는 신경계 외에도 호르몬을 통해 신호를 전달하는 체계가 있다. 우리 몸을 구성하는 세포의 크기가 일반적으로 0.1 mm인 것에 비해 뉴런은 1m가 넘는 것이 있을 정도로 매우 길다. 생명 활동 조절을 위해 호르몬이 분비되어 1m 떨어진 표적 세포에 작용하는 것과 뉴런을 통해 신경 신호가 1m 떨어진 반응기에 작용하는 것에는 어떤 차이점이 있는지 설명하시오.

[2-3] 우리 몸은 외부 환경의 온도 변화에 대응하여 체온을 일정하게 유지하는 항상성을 가진다. 체온의 항상성 조절에는 신경계와 호르몬이 모두 작용한다. 우리 몸은 체온이 변할 때 신경계를 통해 혈관의 확장이나 수축을 조절하고, 호르몬을 통해 세포 호흡의 촉진이나 억제를 조절한다. 어떤 가상의 동물은 신경계를 통해 세포 호흡을 조절하고 호르몬을 통해 혈관을 조절하여 체온의 항상성을 유지한다. (가) 이 동물이 기온이 낮은 환경에서 어떻게 체온을 조절할지 답하시오. (나) 이 동물이 사람과 비교하여 체온 조절에서 유리할지 혹은 불리할지 그 이유를 설명하시오.

[2-4] 세포가 분열하기 위해서는 핵의 분열과 세포질의 분열이 일어나야 한다. 뉴런은 일반 세포와는 다르게 <그림 2>와 같이 매우 특수한 구조로 되어 있다. 만약 뉴런이 분열한다면, 일반 세포처럼 원활하게 분열할지 설명하시오.



<그림 2>

문항 번호 [3]

일상생활에서 쓰고 버리는 물을 생활하수라고 한다. <표 3>은 어떤 생활하수 500 g에 녹아 있는 순물질의 양과 특성을 나타낸 것이다. MX₂는 물과 에탄올에만 녹아 금속 양이온(M²⁺)과 음이온(X⁻)으로 분리되는 물질이다. 이 생활하수 500 g에 있는 물과 에탄올 혼합 용액의 밀도는 약 0.98 g/mL이다.

물질 \ 성질	물질의 양 (g)	밀도 (g/mL)	녹는점 (°C)	끓는점 (°C)	용해도
물	390	1.00	0	100	에탄올과 잘 섞임
에탄올	40	0.79	-114	78.2	물과 잘 섞임
식용유	60	0.92	-	-	물, 에탄올과 섞이지 않음
MX ₂	10	2.15	772	1935	75 g / 물 100 g

<표 3>

[3-1] 위 생활하수에 녹아 있는 모든 물질을 각각 분리하는 방법과 원리를 설명하시오.

[3-2] 위 생활하수에 녹아 있는 양이온(M²⁺)과 음이온(X⁻)이 무엇인지 확인할 수 있는 실험 방법을 각각 제시하고, 설명하시오.

[3-3] 물질 MX₂만 녹아 있는 수용액에 탄산 나트륨(Na₂CO₃) 수용액을 첨가하면 앙금(MCO₃)이 생성된다. 50 mL의 MX₂ 수용액에 100 mL의 Na₂CO₃ 수용액을 조금씩 넣었을 때 각 이온 수의 변화를 답안지에 주어진 그래프에 그리고, 그렇게 그린 까닭을 설명하시오. 단, MX₂ 수용액 50 mL에 있는 MX₂의 개수와 Na₂CO₃ 수용액 50 mL에 있는 Na₂CO₃의 개수는 같다고 가정한다. 각 그래프가 어떤 이온에 대한 것인지 반드시 표시하시오.

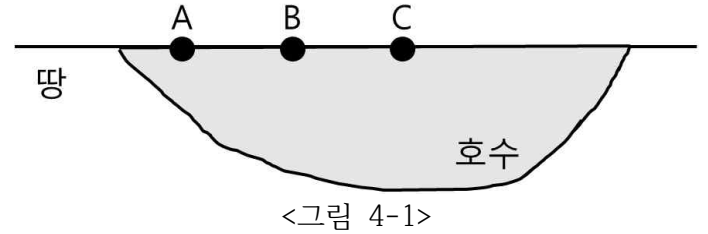
[3-4] 물질 MX₂만 녹아 있는 수용액을 상온(25 °C)에서 1000 °C까지 가열할 때 예상되는 온도 변화를 답안지에 주어진 그래프에 그리고, 그렇게 그린 까닭을 설명하시오.

문항 번호 [4]

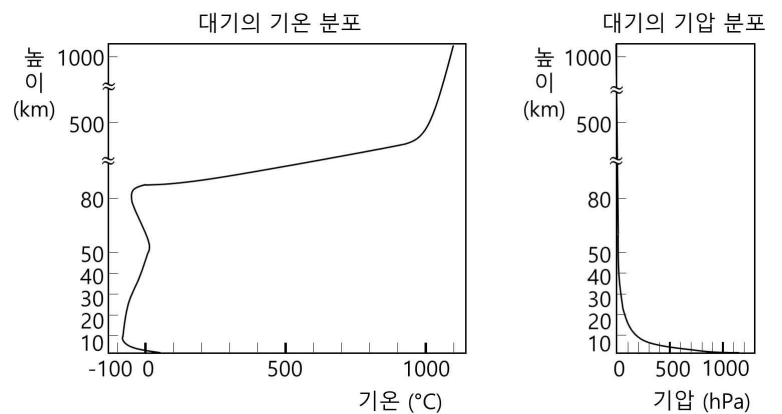
지구에는 하늘 아래 대륙과 바다가 넓게 펼쳐져 있다. 이들의 온도 변화를 알아보자.

[4-1] 바다는 깊이에 따라 온도가 변화한다. 깊이에 따른 연직 수온 분포를 답안지에 주어진 그림에 나타내고, 온도 변화의 이유를 설명하시오.

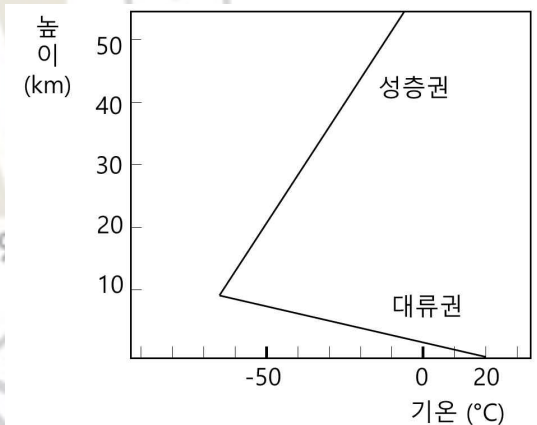
[4-2] <그림 4-1>과 같이 최대 깊이가 20 m 정도 되는 호수가 있다. 바람이 불지 않는 맑은 여름날 오후 2시, 호수 표면의 세 지점 A, B, C의 연직 수온 분포를 답안지에 주어진 그림에 나타내고, 온도 변화의 이유를 설명하시오.



[4-3] 우리나라가 개발하여 최근 발사한 위성체는 700 km 상공에서 지구를 중심으로 공전하고 있다. 700 km 상공의 온도는 1000 °C 이상이다. 이 위성체는 지상에서 1000 °C 이상이면 녹거나 변형될 수 있다. <그림 4-2>를 참고하여 이 위성체가 높이 700 km 상공의 높은 온도에서 녹거나 변형되지 않는 이유는 무엇인지 설명하시오. <그림 4-2>의 왼쪽 그림은 높이에 따른 대기의 기온 분포를 나타낸 것이고, 오른쪽 그림은 높이에 따른 대기의 기압 분포를 나타낸 것이다.

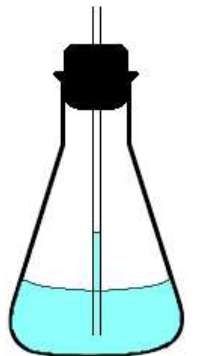


[4-4] 알코올 온도계를 장착한 열기구를 지표에서부터 성층권까지 일정한 속도로 올려보냈다. 열기구의 상승 속도는 온도계가 열팽형이 되는 속도보다 빠르다. <그림 4-3>의 대기의 높이에 따른 기온 분포를 고려하여, 온도계에서 측정될 온도 변화를 답안지에 주어진 그래프에 나타내고, 그 이유를 설명하시오. 단, 태양 복사 에너지의 효과는 무시한다.



문항 번호 [5]

<그림 5>의 실험 장치를 만드는 방법은 다음과 같다. 우선 삼각 플라스크에 물을 $\frac{1}{3}$ 정도 넣는다. 양끝이 열린 투명 유리관을 고무마개에 꽂 끼우고 삼각 플라스크에 꽂는다. 이때 유리관이 물에 잠기도록 하고 고무마개를 밀어서 플라스크의 입구로 공기가 통하지 않도록 한다. 그러면 유리관의 물 높이가 플라스크의 물 높이보다 높아지는 것을 볼 수 있다.



[5-1] 이 상황에서 유리관의 물 높이를 더 높아지게 하는 방법을 제시하고, 그 원리를 설명하시오.

[5-2] 실생활에서 문항 [5-1]의 과학적 원리가 적용된 도구나 장치를 제시하고, 작동 방법을 설명하시오.

[5-3] <그림 5>에서 플라스크 안의 공기를 제거할 수 있는 구체적인 방법을 제안하시오. 단, 토리첼리의 기압 측정관에 수은 대신 물을 넣으면 1기압에서 물기둥의 높이는 약 10 m이다.

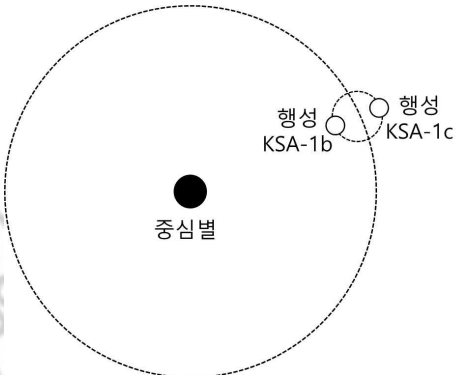
문항 번호 [6]

과학자들은 인간이 살 수 있는 조건을 가진 행성을 찾고 있다. <자료 6>의 조건을 가진 가상의 행성 KSA-1b와 KSA-1c를 찾았고, 이 행성에 우주인들을 보내어 탐사한다고 가정하자.

- KSA-1b와 KSA-1c의 중심별에 대한 공전 주기는 300일이다.
- KSA-1b 지표에서 중력의 크기는 지구 지표에서 중력의 크기의 $\frac{8}{9}$ 이다.
- KSA-1b 지표에는 물이 있다.
- KSA-1b 대기에는 산소가 거의 없고 이산화 탄소가 풍부하다.
- KSA-1b에는 생명체가 존재하지 않는다.

<자료 6>

[6-1] KSA-1b와 KSA-1c는 크기와 질량이 같고 서로 매우 가까이 있다. 두 행성은 자전하면서 서로 공전하고, 중심별 주위를 <그림 6>과 같이 공전하고 있다. 두 행성의 서로에 대한 공전 궤도면은 중심별에 대한 각 행성의 공전 궤도면과 같은 평면에 있다. 행성의 자전축은 공전 궤도면과 수직이다. 이 두 행성 모두 자전 주기는 1일이고, 서로에 대한 공전 주기도 1일이다. 지구와 비슷한 낮과 밤 환경으로 살 수 있는 영역을 답안지에 주어진 두 행성 그림에 표시하고, 그 이유를 설명하시오. 답안지의 그림은 행성의 자전축에서 내려다본 것이다.



<그림 6>

[6-2] KSA-1b의 표면을 탐사하기 위해 보낸 탐사선이 탐사 과정 중 미지의 액체 웅덩이에 빠졌다. 탐사선은 이 웅덩이에 탐사선 부피의 절반이 잠긴 채 정지하였다. 이때 탐사선에 작용하는 부력의 크기를 F_1 이라고 하자. 한편, 지구의 물웅덩이에서는 같은 탐사선 부피의 $\frac{1}{4}$ 이 잠긴다. 탐사선이 지구의 물웅덩이에서 받는 부력의 크기를 F_2 라고 하자. F_1 과 F_2 를 비교하고, 그 이유를 설명하시오.

[6-3] 지구에서 가져간 녹조류를 KSA-1b에서 키우고자 한다. 녹조류는 단세포 원생생물이며, 생태계에서 이와 비슷한 역할을 하는 다세포 원생생물로는 미역, 다시마 등이 있다. 녹조류가 KSA-1b에서 증식하면 이 행성에서 인간이 살기에 어떤 이로울 점들이 생기는지 설명하시오.