

2022학년도 한국과학기술원 부설 한국과학영재학교 신입생선발 제2단계 창의적문제해결력검사 문제지

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

※ 문항번호 [1] ~ [8] 가운데 4개의 문항만 선택하여 답안을 작성하시오.

문항번호 [1]

영재는 평소에 과학 탐구를 좋아하며 기발한 아이디어를 많이 가지고 있는 학생이다. 교내에서 열리는 '괴짜 창의 탐구 대회'는 남들과 다른 독특한 아이디어를 찾는 대회이며, 영재는 이 대회에 큰 관심을 가지고 있다. 아래는 '괴짜 창의 탐구 대회'의 안내문이다.

<괴짜 창의 탐구 대회>

1. 대회 목적

- 남들과 다른 독특한 아이디어로 문제를 해결하는 창의적 괴짜 인재 발굴
- 끝없는 상상력과 불굴의 도전 정신으로 아무도 가지 않은 새로운 길을 개척하는 인재 발굴
- 인류의 가치로운 삶과 번영을 위해 미래를 이끌어 나갈 과학 인재 발굴

2. 대회 주제: 지구 환경을 더욱 건강하게!

3. 심사 기준

항 목	내 용
창의성	- 탐구 과제를 해결하기 위한 아이디어가 독창적인가? - 탐구 과정이 기존에 알려져 있는 것과 차별성이 있는가?
논리성	- 탐구 설계 및 문제 해결 과정이 논리적인가?
응용성	- 탐구 결과가 실제 문제 해결에 적용 가능한가?

본인이 영재라 생각하고, '괴짜 창의 탐구 대회'의 안내문을 참고하여 대회 주제에 적합한 탐구 계획서를 작성해 보시오.
(탐구 계획서에는 탐구 제목, 탐구 목표, 준비물, 탐구 과정, 예상되는 탐구 결과 및 기대되는 효과를 포함하시오.)

문항번호 [2]

평소 악기 연주에 관심이 많은 영재는 악기에서 발생하는 소리가 공기의 진동을 통해 주변으로 전달되며, 소리의 특징은 악기의 재료와 관계가 있다는 사실을 알게 되었다. 영재는 주변에서 쉽게 구할 수 있는 재료들을 이용하여 독창적인 악기를 만들고, <자료 2-1>에 제시된 악보를 연주하려고 한다.

(가) 이 악보 연주에 적합한 음색을 살릴 수 있도록 <자료 2-2>에서 재료를 선택하고, 그 이유를 설명하시오. (나) 선택한 재료를 활용 해 만들 악기의 모양과 구조를 그리시오. (다) 또한 악기의 제작 과정과 소리가 나는 원리를 설명하시오. (만약, 악기의 제작 과정에서 <자료 2-2>에 없는 재료를 추가로 사용하고자 한다면, 사용 이유를 밝히고 활용할 수 있다.)

악기는 모양에 따라 소리의 높낮이를 조절하는 방법이 다양한데 소리의 높낮이는 진동수에 비례하고, 악기의 진동하는 부분의 길이는 진동수의 제곱에 반비례한다고 알려져 있다. (라) '라'음 소리굽쇠를 이용하여 기준음을 설정하고, <자료 2-3>의 음계별 진동수를 참고하여 제작하려는 악기의 소리의 높낮이를 조절하는 방법을 설명하시오. (마) 악기의 특징을 잘 나타내는 악기 이름을 짓고 그렇게 이름을 붙인 이유를 설명하시오.



<자료 2-1> 동요 '산토끼' 악보

가위, 고무줄, 글루건, 금속막대, 나무막대, 나일론 줄, 대나무, 명주실, 물, 빨대, 스포이트, 알루미늄 캔, 유리관, 유리병, 유리잔, 접착제, 종이, 칼, 테이프, 플라스틱 자, 페트병

<자료 2-2> 재료 목록

음계	도	레	미	파	솔	라	시	도
진동수 (Hz)	262	294	330	349	392	440	494	523

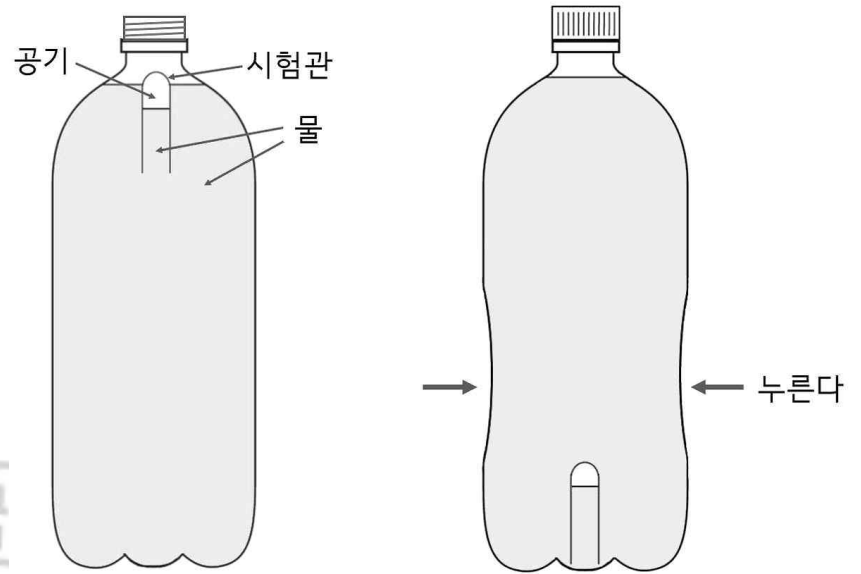
<자료 2-3> 음계와 진동수

문항번호 [3]

기원전 3세기, 그리스의 학자 아르키메데스는 물이 가득 담긴 욕조에 들어가면 물이 밖으로 흘러넘친다는 사실에서, 물속에 잠긴 물체가 받는 부력의 크기는 물에 잠긴 부피에 비례한다는 '아르키메데스의 원리'를 발견하였다. 떠 있는 물체의 밀도는 물의 밀도보다 작다. 잠긴 상태에서 바닥에 가라앉지 않은 물체의 밀도는 물의 밀도와 같고, 이때 물속에 잠긴 물체가 받는 부력의 크기는 물체의 무게와 같다.

아르키메데스의 원리를 이용한 실험으로 '데카르트의 잠수부'가 있다. <자료 3>의 왼쪽 그림과 같이 페트병에 물을 채운 다음, 한쪽 끝이 열린 시험관에 물을 조금 채워서 거꾸로 놓으면 물 위에 떠 있는 잠수부를 만들 수 있다. <자료 3>의 오른쪽 그림과 같이 마개를 막고 페트병을 손으로 누르면 페트병 내부의 압력이 증가한다. 그러면 시험관 속으로 물이 더 들어가고 잠수부의 평균 밀도가 증가하여 잠수부는 페트병의 바닥으로 가라앉는다. 페트병을 누르고 있는 손을 떼면 잠수부는 다시 떠오른다.

(가) 페트병을 살짝만 눌러도 잠수부가 가라앉도록 하려면 실험 장치를 어떻게 설계해야 할지 구체적으로 설명하시오. (나) 페트병을 누르지 않고 잠수부를 가라앉게 만드는 방법을 두 가지 이상 제안하고, 그 과학적 원리를 함께 설명하시오.



<자료 3> 데카르트의 잠수부 실험

문항번호 [4]

장 앙리 파브르(1823-1915)는 프랑스의 곤충학자다. 파브르의 곤충기에 나오는 '매미의 허물벗기'에 대한 아래의 글을 읽고 물음에 답하시오.

매미의 허물벗기는 몸이 부풀었다 줄어들었다 하는 운동 속에서 이루어진다. 이 운동은 처음에는 겹데기 속에서 시작되는데, 가장 갈라지기 쉬운 곳에서부터 허물벗기를 시작한다. 허물벗기의 첫 번째 단계는 등의 한복판부터 중앙의 선을 따라 세로로 갈라지며 시작한다. 그와 동시에 가슴 부분도 갈라진다. 이처럼 세로로 갈라지는 선은 허물의 머리 아래부터 뒷등까지 계속된다. 그러나 그 이상 갈라지지 않는다. 그리고 눈의 앞부분이 가로로 갈라지면서 빨간 눈알이 드러난다. 또한 크게 갈라진 허물의 틈으로 매미의 초록색 등이 드러나기 시작한다.

허물벗기가 계속된다. 머리가 나온다. 몸은 배가 위쪽을 향하고, 허물과 직각이 된다(<자료4> 참고). 크게 틈이 벌어진 겹데기 속에 뒷다리가 보인다. 날개는 몸속의 물기로 부풀어 있다. 날개는 아직 주글주글하며 아치형으로 구부러져 있다. 이리하여 허물을 벗는 첫 번째 단계는 짧은 시간에 끝난다.

이제 좀 더 긴 시간이 필요한 두 번째 단계가 남았다. 매미는 겹데기 속에 여전히 남아 있는 배의 아랫부분 말고는 모두 빠져나왔다. 허물은 나뭇가지에 단단히 붙은 채 매달려 있다. 점점 말라서 물기가 전혀 없어도 처음 자세 그대로다. 매미 아랫배의 끝은 아직도 빠져나오지 않은 채 목은 겹데기에 달려 있다. 매미는 머리를 젖히고는 한 번 거꾸로 재주를 넘는다. 그러자 매미는 이제 노란빛이 도는 연녹색으로 변했다. 그리고 이때까지 허리에 두툼하게 접혀있던 날개는 체액이 흐르기 때문인지 차츰 팽팽하게 펼쳐진다.

이렇듯 느릿느릿하게 세밀한 변화가 끝나면, 매미는 허리에 힘을 주어 거의 눈에 띄지 않는 운동을 가볍게 하면서 몸을 바로 잡으며, 머리를 위로 하고 원래의 자세로 나무에 붙어 앉는다. 앞발은 아직도 빈 허물을 붙들고 있다. 이것으로 매미의 일생에서 가장 중요한 허물벗기가 끝난다.

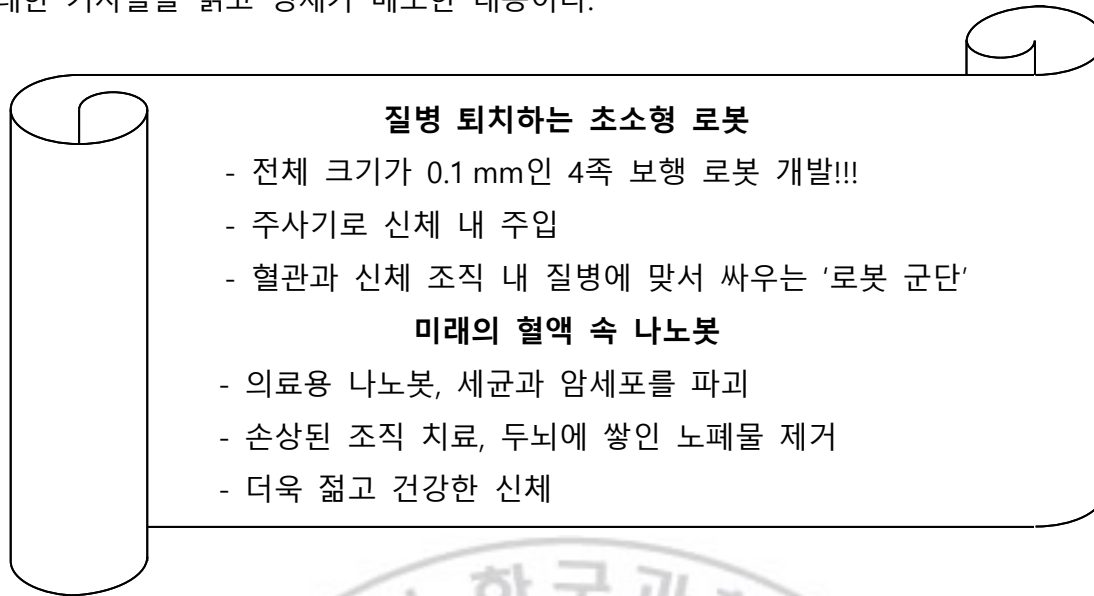


<자료 4> 나뭇가지에 매달린 허물과 직각을 이룬 매미

(가) 윗글의 내용을 바탕으로 '매미의 허물벗기'와 관련하여 생각해 볼 수 있는 탐구 주제를 나열하시오. (나) 나열한 주제 중 가장 중요하다고 생각하는 주제를 선택하고 그 이유를 설명하시오. (다) 그리고 그 주제에 대해 어떻게 탐구를 수행할 것인지 자세히 설명하고 결과를 예측하시오.

문항번호 [5]

미래의 과학 기술 중에서 혈액 속을 자유롭게 돌아다니며 질병을 치료할 수 있는 의료용 나노봇이 주목받고 있다. 영재는 의료용 나노봇이 정상적인 세포와 비정상적인 세포를 구별하여 치료하거나 질병을 일으키는 세균을 제거할 수 있어야 한다고 생각했다. 아래는 나노봇 기술에 대한 기사들을 읽고 영재가 메모한 내용이다.



영재는 우선 혈구의 대부분을 차지하는 적혈구를 판별할 수 있는 센서 기술이 나노봇에 필요하다고 생각했다. 또한 오랜 시간 혈액 속을 움직일 수 있도록 자체적으로 전력을 생산할 수 있는 장치도 갖추어야 한다고 판단했다. (가) 본인이 영재라 생각하고 혈액 속에서 적혈구를 인식할 수 있는 센서와 자체 전력 생산 장치를 갖춘 나노봇을 설계하여 그리고, 주요 부분을 설명하시오. (나) 적혈구를 인식하는 센서와 자체 전력 생산 장치의 원리를 쓰시오.

문항번호 [6]

김치는 우리나라의 대표적인 발효 식품이다. 김치의 발효에는 다양한 미생물들 중에서 유산균이 중요한 역할을 한다. 김치에 대한 아래의 과학 에세이를 읽고 물음에 답하시오.

고추장이나 깍두기, 동치미, 김장 등을 할 때 왜 찹쌀이나 멥쌀, 밀가루로 풀을 쑀어 넣는 것일까? 이것들은 바로 세균들이 먹고 번식(발효)할 먹잇감(배지)인 것이다. 푸성귀나 다른 양념에 든 양분으로는 턱 없이 부족하니 먹을거리를 이런 식으로 보충해 주는 것이다. 그리고 대부분의 보통 미생물들은 짠 소금에 죽어 버리지만 염분에 끄떡 않는 내염성 세균인 유산균은 남아서 김치를 익힌다.

그런데 김장을 담그던 집사람이 김치를 통에 넣고 힘들여 꼭꼭 눌러 댄다(김치독은 큰 돌로 누른다). 왜 그러느냐고 집사람에게 물었더니만, 김장하는데 풀을 왜 넣느냐고 물었을 때처럼, "그냥 그렇게 하는 것"이라고 힘주어 통명스럽게 답한다. 김치에 과학적 원리가 담긴 것을 알고, 김장을 하면 더 좋았을 텐데, 김치를 힘들게 눌러 담는 이유는 김치에 사는 유산균들이 산소가 있으면 되레 죽어 버리는 혐기성 세균이기 때문이다. 그래서 공기(산소)를 다 빼 없애려고 하는 것이다. 소금에 죽지 않으며 산소를 싫어하고, 낮은 온도를 좋아하는 이 유산균들이 김치의 맛을 낸다. 김치독을 응달에 묻어 두면 겨우내 그 속의 온도가 변함없이 영하 1도 근방을 유지하는데, 이를 본떠 흥내를 낸 것이 바로 김치냉장고이다.

이런 여러 세균이 수를 늘리면서 유기산을 많이 내놓으니 이것이 김치의 특유의 맛과 향을 낸다. 아주 잘 익은 김치에는 유익한 유산균이 99퍼센트이고, 다른 세균이나 곰팡이가 1퍼센트 정도 들었다고 한다. 유산균 세상이 얼마 이어지다가 산도가 떨어지면서(시어지면서) 어느 순간 유산균들이 맥을 못 추고 시들시들 죽어 가는 때가 온다. 영원한 것은 없더니만..... 이때다 하고 여태 숨죽이고 있던 곰팡이 무리(효모)들이 득세하면 김치에서 군내가 나고 국물이 초가 되니 일종의 부패다. 그러므로 아주 산패한(시어진) 묵은 김치에는 유산균이 거의 없다.

요새야 한겨울에도 신선한 채소를 먹지만 그 옛날엔 김치 말고 대신할 만한 것이 별로 없었다. 누가 뭐래도 김치는 조상의 뉘이 담긴 예사롭지 않은 종합 영양 식품이다.

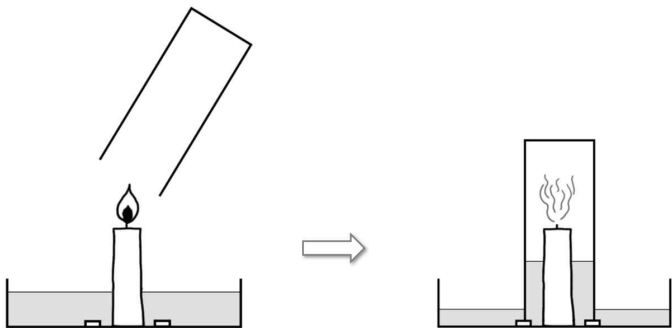
- <권오길의 괴짜 생물 이야기> 중에서 -

(가) 김치가 만들어지는 과정에서 유산균이 잘 생존하는 이유를 세포의 수준에서 상상하여 서술하시오. (나) 김치가 시어지지 않고 잘 익은 김치의 맛을 오랫동안 유지하게 하는 새로운 장치나 방법을 고안하고 그 작동 원리에 대하여 설명하시오. (다) 본인이 제안한 장치나 방법이 김치냉장고에 비해 어떤 장단점이 있는지 평가하시오.

문항번호 [7]

양초의 주성분인 파라핀 왁스는 20~40개의 탄소 원자를 포함한 탄화수소 분자의 혼합물이다. 파라핀 왁스가 연소하면 탄화수소를 이루는 탄소와 수소는 공기 중의 산소와 결합하여 이산화 탄소와 수증기가 된다. 아래의 양초 연소 실험에 대한 설명을 읽고 물음에 답하시오.

<자료 7>의 그림과 같이, 물이 담긴 접시의 중앙에 불이 붙은 양초를 세우고 병을 거꾸로 덮으면 잠시 후 불이 꺼지고 물이 빨려 올라간다. 이 현상에 대해 어떤 학생은 양초가 연소되면서 산소가 사라졌기 때문에 사라진 산소의 양만큼 물이 빨려 올라간다고도 설명하지만, 실제 그 영향은 크지 않다. 이 실험에서 물이 빨려 올라간 주된 원인은, 병을 덮는 동안 촛불의 열에 의해 병 안의 공기가 가열되어 팽창했다가 양초가 꺼지며 다시 수축하기 때문이라고 알려져 있다.



<자료 7> 양초의 연소 실험

(가) 위 실험에서 불이 붙은 양초에 병을 거꾸로 덮은 뒤에 일어날 것으로 예상되는 현상과 그 이유를 시간순으로 다섯 가지 이상 쓰시오. (나) 이 실험에서 물이 빨려 올라가는 주된 원인이 산소가 사라졌기 때문이 아니라 열 때문임을 증명할 수 있는 실험을 두 가지 이상 제안하고 설명하시오. (필요한 경우 그림을 추가하시오.)

문항번호 [8]

태양계는 태양과 태양 주위를 공전하는 모든 천체 및 이들이 차지하는 공간을 말한다. 티티우스와 보데는 <자료 8-1>과 같이 행성이 태양으로부터 떨어져 있는 평균 거리에 어떤 규칙성이 있다는 사실을 우연히 발견하였다. <자료 8-2>는 태양계 행성의 물리적 특성을 나타낸 것이다.

티티우스-보데 법칙: $d = 0.4 + 0.3 \times 2^n$

d : 태양으로부터 행성까지의 평균 거리
 n : 0부터 7까지의 정수

행성	금성	지구	화성	²⁾ 세레스	목성	토성	천왕성	해왕성
n	0	1	2	3	4	5	6	7
d (¹⁾ AU)	0.7	1	1.6	2.8	5.2	10	19.6	38.8
실제 평균 거리 (AU)	0.72	1.00	1.52	2.77	5.20	9.55	19.2	30.1
오차 (% 절댓값)	2.8	0	5.26	1.08	0	4.71	1.98	28.8

¹⁾태양으로부터 지구 중심까지의 평균 거리는 1 AU이다.
²⁾세레스: 화성과 목성 사이에 위치하는 작고 불규칙한 모양의 천체들 중 가장 큰 천체이다.

<자료 8-1> 티티우스-보데 법칙

특성 \ 행성	수성	금성	지구	화성	목성	토성	천왕성	해왕성
질량 (지구=1)	0.06	0.82	1	0.11	317.92	95.14	14.54	17.09
반지름 (지구=1)	0.38	0.95	1	0.53	11.21	9.45	4.01	3.88
평균 밀도 (g/cm ³)	5.4	5.2	5.5	3.9	1.3	0.7	1.3	1.6
위성 수 (개)	0	0	1	2	69	62	27	14
표면 상태	고체	고체	고체	고체	기체	기체	기체	기체
고리	없음	없음	없음	없음	있음	있음	있음	있음

<자료 8-2> 태양계 행성의 물리적 특성

(가) <자료 8-1>과 <자료 8-2>를 참고하여 행성들의 특성에서 어떤 경향성이 있는지 생각해보고, 이러한 경향성에서 벗어난 경우를 다섯 가지 이상 설명하시오. (나) 그중에서 가장 관심 있는 경우를 한 가지 선택하고 왜 경향성에서 벗어났을지 설명하시오. (다) <자료 8-2>에 추가하고 싶은 행성의 새로운 특성 하나를 제시한 후, 각 행성의 예상되는 특징을 적고 그 이유를 설명하시오. (라) 새롭게 제시한 행성의 특성을 확인할 수 있는 구체적인 방법을 제안하시오.