2014학년도 중등학교교사임용후보자선정경쟁시험

물　　리

수험 번호 : (　　　　　　　)　　　　성　명 : (　　　　　　)

1차 시험	3 교시 전공B	4문항 30점	시험 시간 90분

○ 문제지 전체 면수가 맞는지 확인하시오.
○ 모든 문항에는 배점이 표시되어 있습니다.

서술형 【1 ~ 2】

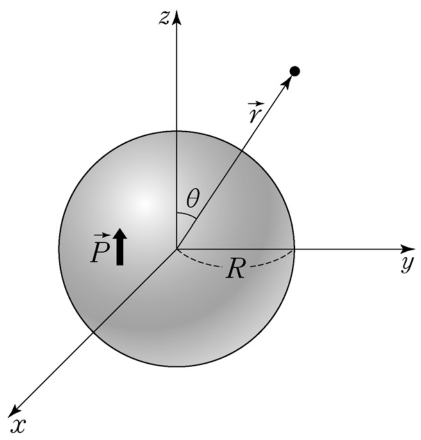
1. 과학철학에 대한 이해는 학생의 학습 과정에 대한 이해에 여러 가지 도움을 줄 수 있다. 다음 학생들은 "무거운 물체가 가벼운 물체보다 먼저 떨어진다."라는 생각을 가지고 있었다. 이 생각은 라카토스(I. Lakatos) 연구프로그램 이론에서 말하는 견고한 핵에 해당한다고 볼 수 있다. 두 학생의 반응을 라카토스의 발견법에 따라 다음 <표>와 같이 설명하고, 반증 사례에도 불구하고 학생의 개념 변화가 일어나지 않은 이유 2가지를 인지 갈등과 관련하여 쓰시오. [5점]

> 교사는 무거운 물체가 가벼운 물체보다 먼저 떨어진다고 생각하는 학생들에게 질량이 다른 두 개의 쇠구슬이 동시에 떨어지는 현상을 시범으로 보여 주었다.
>
> 교사 : 두 개의 물체가 동시에 떨어지는 것을 관찰했죠?
>
> 영희 : 네. 선생님께서 말씀하신 대로 두 물체가 동시에 떨어졌어요. 하지만 쇠구슬의 경우는 예외적인 경우라 할 수 있어요. 그러니 제 생각이 틀린 건 아니죠.
>
> 민수 : 네. 두 물체가 동시에 떨어졌어요. 하지만 제 생각이 틀린 건 아니에요. 왜냐하면 질량이 큰 물체는 크기가 좀 더 크기 때문이에요. 무거운 물체가 공기저항이 더 커서 동시에 떨어질 수 있었던 거죠. 만약 크기가 같고 질량이 다른 물체를 동시에 떨어뜨리면 무거운 물체가 먼저 떨어질 거예요.

<표>

구분	해당하는 사례의 학생(들)	발견법에 따른 설명
(　　　) 발견법		
(　　　) 발견법		

2. 그림은 z축 방향으로 균일하게 $\vec{P} = K_0 \hat{z}$로 편극(polarization)된 반지름 R인 구의 중심이 좌표계의 원점에 놓여 있는 것을 나타낸 것이다. $\vec{P}$는 단위부피당 쌍극자 모멘트이고 구의 표면에 속박된 편극 면전하밀도는 $\sigma_b = \vec{P} \cdot \hat{r}$이다.



구 안과 밖에서 퍼텐셜은 각각 다음과 같다.

$$V(r,\theta) = \begin{cases} \displaystyle\sum_{l=0}^{\infty} A_l r^l P_l(\cos\theta), & (r \le R) \\ \displaystyle\sum_{l=0}^{\infty} \frac{A_l R^{2l+1}}{r^{l+1}} P_l(\cos\theta), & (r \ge R) \end{cases}$$

$P_l(\cos\theta)$는 르장드르 다항식(Legendre polynomials)이며 다음의 직교조건을 만족한다.

$$\int_0^{\pi} P_m(\cos\theta) P_l(\cos\theta) \sin\theta d\theta = \frac{2}{(2l+1)} \delta_{lm}$$

경계조건을 사용하여 풀이 과정과 함께 A_l을 구하고, $\theta = 0$일 때 퍼텐셜을 r에 대한 그래프로 나타내시오. 또한 구 안에서의 전기장을 구하시오. (단, $P_1(\cos\theta) = \cos\theta$이다.) [5점]

논술형 【1 ~ 2】

1. <자료 1>은 물리학의 발전과 물리 교수・학습 상황에 있어서 모형의 의의에 대한 설명이고, <자료 2>는 현대물리학의 발전 과정에서 중요한 역할을 한 2가지 원자구조 모형에 대한 설명이다.

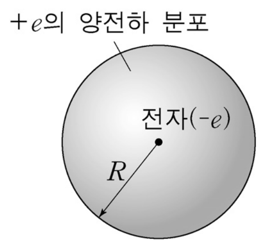
<자료 1>

모형은 물리학 이론의 형성과 변화에서 중요한 역할을 할 뿐 아니라 물리 교수・학습 상황에서도 중요한 수단이 된다. 모형은 이미 관찰된 현상에 대한 설명을 제공할 뿐 아니라 새로운 사실에 대한 예측과 실험을 유도한다. 때로는 ㉠ 실험 결과를 보다 잘 설명하기 위해 새로운 모형이 제안되기도 하고 기존의 모형이 수정되기도 하면서 물리학 이론이 역동적으로 발전한다. 하지만 모형은 물리학 탐구나 ㉡ 물리 교수・학습 상황에서 한계 또한 갖는다.

<자료 2>

[모형 1]

이 모형에 따르면 수소 원자는 그림 (가)와 같이 반지름 R, 전하량 $+e$로 균일하게 대전된 구 모양의 원자 내부에 질량 m, 전하량 $-e$인 전자가 원자의 중심($r=0$)에 놓여 있는 것과 같다.

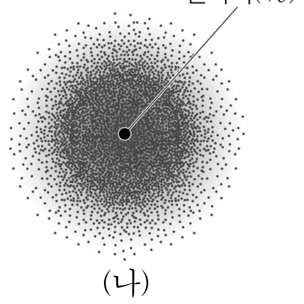


(가)

이 모형에 의하면 전자는 원자의 중심에서 $r(<R)$만큼 벗어날 때 단진동하며, 원자는 단진동하는 전자의 진동수에 해당하는 빛을 방출한다고 볼 수 있다.

[모형 2]

이 모형에 따르면 수소 원자는 그림 (나)와 같이 전하량 $+e$인 점입자의 원자핵(양성자) 주위에 전하량 $-e$인 전자가 파동적 성질에 의해 분포하고 있는 것과 같다.



(나)

이 모형과 관계된 양자역학적인 수소 원자의 바닥상태 파동함수는

$$\psi_{100}(\vec{r}) = R_{10}(r)\,Y_0^0(\theta,\ \phi) = \sqrt{\frac{1}{4\pi}}\,R_{10}(r)$$

이다. 이 상태에 해당하는 전자의 전하밀도(단위부피당 전하량) $\rho(\vec{r}) = (-e)\left|\psi_{100}(\vec{r})\right|^2$를 파동함수의 규격화 조건을 이용하여 구하면

$$\rho(r) = -\frac{e}{\pi a_0^3}e^{-2r/a_0} \quad (a_0\text{은 보어 반지름})$$

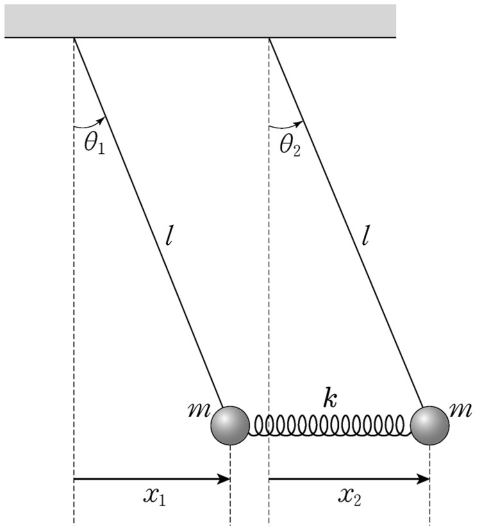
으로 전자의 전하가 구 대칭으로 분포함을 알 수 있다.

[모형 1]이 [모형 2]로 발전하는 과정에서 러더퍼드(E. Rutherford)의 알파 입자 산란 실험과 데이비슨-거머(Davisson-Germer)의 전자 회절 실험이 각각 어떤 영향을 미쳤는지 <자료 1>의 ㉠을 참고로 하여 설명하고, ㉡에서 언급한 모형의 한계 2가지를 [모형 2]와 관련지어 논하시오. 그리고, [모형 1]에서 단진동하는 전자의 각진동수 ω와 [모형 2]에서 $\psi_{100}(\vec{r})$에 대한 r의 기댓값 $\langle r \rangle$를 풀이 과정과 함께 각각 구하시오.

(단, 필요하면 적분식 $\int_0^\infty x^{n-1}e^{-\beta x}dx = \dfrac{(n-1)!}{\beta^n}$을 활용하시오.)

[10점]

2. 그림은 질량 m도 길이 l도 서로 같은 두 진자가 용수철상수 k인 용수철에 서로 연결되어 연직면 상에서 운동하고 있는 것을 나타낸 것이다. 평형상태에서 용수철은 원래의 길이를 가지며 진자의 중력 퍼텐셜에너지는 0이다. 이 상태로부터 두 진자의 각변위는 각각 θ_1, θ_2이고, 수평방향 변위는 각각 x_1, x_2이다.



진동이 작을 때 <작은 진동>의 관계식이 만족되고, 이 경우 계는 <정상 모드>의 두 가지 단진동 모드를 갖는다. 더불어 k가 매우 작을 때 두 각진동수 사이에는 <약한 결합>의 관계식이 만족된다.

<작은 진동>

$$\theta_i \ll 1,\ \sin\theta_i \approx \theta_i,\ \cos\theta_i \approx 1-\frac{1}{2}\theta_i^2,\ x_i \approx l\theta_i,\ i=1, 2$$

용수철의 늘어난 길이 $\approx x_2 - x_1$

<정상 모드>

$x_1 = +x_2$: 각진동수 ω_1
$x_1 = -x_2$: 각진동수 ω_2

<약한 결합>

$$k \ll \frac{mg}{l},\quad (\omega_2-\omega_1) \ll \omega_1,\quad \omega_1 \approx \omega_2$$

<작은 진동>의 경우 계의 라그랑지안을 x_1, x_2로 나타내고, 그로부터 운동방정식을 쓰고, <정상 모드>의 각진동수 ω_1, ω_2를 구하시오. 또한, 왼쪽 진자의 수평방향 변위가 두 정상 모드의 중첩에 의해

$$x_1(t) = \frac{A}{2}(\cos\omega_1 t + \cos\omega_2 t),\ A\text{는 상수}$$

로 주어질 때, 이 식과 운동방정식으로부터 오른쪽 진자의 수평방향 변위 $x_2(t)$를 풀이 과정과 함께 구하고, <약한 결합>의 경우 <참고 수식>을 이용하여 $x_1(t)$와 $x_2(t)$의 그래프를 $t=0$부터 $\frac{2\pi}{\omega_2-\omega_1}$까지 각각 개략적으로 그리시오. [10점]

<참고 수식>

$$\cos\alpha + \cos\beta = 2\cos\frac{\beta-\alpha}{2}\cos\frac{\alpha+\beta}{2}$$

$$\cos\alpha - \cos\beta = 2\sin\frac{\beta-\alpha}{2}\sin\frac{\alpha+\beta}{2}$$

<수고하셨습니다.>