2014학년도 1학기 화학1 중간고사 (2014년 4월 24일)

이름:_____ 학번:_____

- 시험시간: 7:00 PM – 9:30 PM
- 휴대전화는 끌 것
- 지우개, 계산기는 서로 빌려줄 수 없음
- 답은 반드시 각 문제에 주어진 네모 또는 밑줄 안에 적을 것. 네모의 크기와 답의 길이는 상관관계가 없음
- 답의 단위가 주어졌을 경우 반드시 단위에 맞추어 답을 적을 것
- 각 문항에서 빈 공간이 있는 경우는 풀이 과정을 적으라는 의미임. 빈 공간의 크기와 풀이의 길이는 상관관계가 없음.
- 시험에 필요한 상수나 데이터는 별지에 있음.
- 문제수: 16
- Page 수: 4(문제) + 1(자료)
- 만점: 355점

1. (2 x 10 = 20점) 다음 측정값은 각각 어떤 물리량을 측정한 것인가? 또 각 측정값을 SI 기본 단위와 지수표기법으로 표시하시오.(유효숫자 틀리면 오답 처리)

측정값	물리량	지수표기법과 SI 기본단위로 표현
25 N	힘	2.5 x 10 kg·m/s^2
12.3 erg	에너지	1.23 x 10^{-6} kg·m^2/s^2
34 °C	온도	3.07 x 10^2 K
83.6 Å	길이	8.36 x 10^{-9} m
2.511 x 10^{28} 개	(물질의) 양	4.170 x 10^4 mol
37.567 mL	부피	3.7567 x 10^{-5} m^3

2. (15점) 물의 밀도는 25°C에서 0.997 g/cm^3 이고, 얼음의 밀도는 −10°C에서 0.917 g/cm^3 이다. 부피가 1.50 L 인 음료수병에 물을 가득 담고 −10°C 까지 얼리면 얼음의 부피는 얼마인가?

질량 = 부피 x 밀도

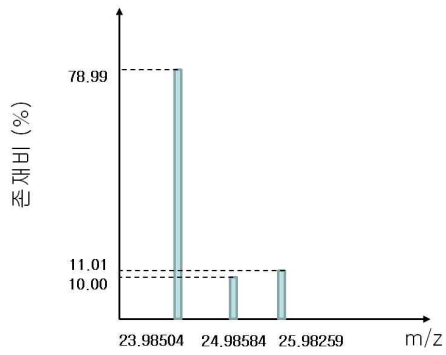
25°C 물 1.50 L의 질량 = 1.50 L x 0.997 g/cm^3
= 1.50 x 1000 cm^3 x 0.997 g/cm^3
= 1.50 x 10^3 g

부피 = 질량/밀도

−10°C 얼음 1.50 x 10^3 g의 부피 = 1.50 x 10^3 g / (0.917 g/cm^3)
= 1.64 x 10^3 cm^3

부피: 1.64 x 10^3 cm^3

3. (17 + 10 = 27점) 다음은 마그네슘(Mg)로부터 얻은 질량분석 스펙트럼과 산소의 동위원소에 대한 자연존재비를 나타낸 표이다.



산소(O)의 동위원소	
원자량 (amu)	자연 존재비 (%)
15.99	99.76
17.00	0.04
18.00	0.20

(a) 다음 빈칸을 채우시오.

동위 원소	원자 번호	*유효숫자 네자리로 적을 것		양성자의 개수	중성자의 개수
		원자량(amu)	자연존재비(%)		
$^{24}_{12}$Mg	12	23.99	78.99	12	12
$^{25}_{12}$Mg	12	24.99	10.00	12	13
$^{26}_{12}$Mg	12	25.98	11.01	12	14

(b) Mg 원자 하나의 평균원자질량은 몇 g 인가?

23.98504 x 0.7899 + 24.98584 x 0.1000 + 25.98259 x 11.01
= 24.31 amu

24.31 g/mol = 24.31 g/ 6.022 x10^{23} = 4.037 x10^{-23} g

Mg 원자 하나의 평균원자질량: 4.037 x10^{-23} g

4. (10 + 10 = 20점) 마그네슘을 태우면 이온결합화합물인 산화마그네슘이 얻어진다.

$$2\ Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2\ MgO(s)$$

(a) MgO에서 Mg 이온과 O 이온의 바닥상태 전자배치를 쓰시오,

이온	바닥상태 전자배치
Mg 이온	1s^{2}2s^{2}2p^6 (Mg^{2+})
O 이온	1s^{2}2s^{2}2p^6 (O^{2-})

(b) 얻어진 MgO 가루를 특수하게 처리하여 한 개의 MgO를 분리하여 냈다고 가정하자. 그 질량이 40 amu 일 확률은 몇 % 인가?(유효숫자 틀리면 감점)

질량이 40 amu 이기 위해서 MgO는 ^{24}Mg^{16}O 이어야 한다.

^{24}Mg^{16}O 일 확률 = 78.99 % x 99.76 % = 78.80 %

질량이 40 amu 일 확률: 78.80 %

5. (3 x 6 =18점) 다음 화합물의 이름 또는 화학식을 쓰시오.

화학식	이름
CsF	플루오린화세슘 (cesium fluoride)
Al_2O_3	산화알루미늄 (aluminum oxide)
$HClO_4$	과염소산 (perchloric acid)
H_2SO_4	황산 (sulfuric acid)
$Fe_2(CO_3)_3$	탄산철(III) (iron(III) carbonate)
N_2O_4	사산화이질소 (dinitrogen tetroxide)

6. (5 + 5 + 10 + 10 = 30점) 메탄 ($CH_4(g)$)은 공기 중에서 타면 물 ($H_2O(l)$)과 이산화탄소($CO_2(g)$)로 된다.
(a) 위 반응의 균형잡힌 화학반응식을 쓰시오.

$CH_4(g) + 2\ O_2(g) \rightarrow 2\ H_2O(l) + CO_2(g)$

(b) 위 반응식에서 환원제로 작용한 화합물은? 그리고 그 화합물에서 어떤 원자의 산화수가 반응 전과 후에 어떻게 바뀌었는지 아래의 표를 완성하시오.

환원제로 작용한 화합물	반응 전후에 (A) 화합물에서 산화수가 바뀐 원자	산화수	
		반응 전	반응 후
(A) CH_4	C	−4	+4

(c) 25°C, 1 기압에서 1 mol의 CH_4가 완전히 연소되었을 때 몇 kJ의 열이 발생하는가?

$$\Delta H^o_{rxn} = 2\Delta H^o_f(H_2O(l)) + \Delta H^o_f(CO_2(g)) - \Delta H^o_f(CH_4(g)) - 2\Delta H^o_f(O_2(g))$$
$$= 2(-286) + (-293.5) - (-78.4) - 2(0)\ kJ$$
$$= -787\,kJ$$

따라서 발생된 열량은 787 kJ

787 kJ

(d) 32g의 CH_4를 태웠더니 반응이 완전히 진행되지 않고 물이 36 g 발생하였다, 이 과정에서 발생한 열은 얼마인가?

$CH_4(g) + 2\ O_2(g) \rightarrow 2\ H_2O(l) + CO_2(g)$
1 mol 2 mol 2 mol 1 mol
32 g (= 2 mol) 72 g(=4 mol) => 이론적 수득량
36 g => 수득률 50%

CH_4 2 mol 이 완전 연소하면 (787 kJ/mol x 2 mol) 발생
수득률이 50% 이므로 787 kJ 발생

787 kJ

7. (15 + 10 = 25점) 코알라는 유클립투스(euclyptus) 나뭇잎만을 먹는다. 유클립투스 나뭇잎에는 독성이 있는 유클립투스 오일이 있는데, 코알라의 소화계는 이를 해독하는 능력을 가지고 있다. 유클립투스 오일의 주요 성분은 유클립톨(euclyptol)로서, 유클립톨 10.000 g 에는 C가 7.787 g, H가 1.176 g 있고 나머지는 O 이다.
(a) 유클립톨의 실험식은?

유클립톨 100.00 g 에는 C가 77.87 g, H가 11.76 g, O가 10.37 g 있다.

C 77.87 g = 77.87g/(12.011g/mol) = 6.483 mol
H 11.76 g = 11.76g/(1.0079g/mol) = 11.67 mol
O 10.37 g = 10.37g/(15.999g/mol) = 0.6482 mol

몰비
C:H:O = 6.483:11.67:0.6482 ≃ 10:18:1

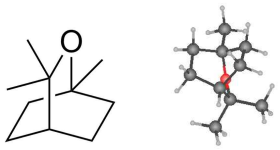
따라서 실험식은 $C_{10}H_{18}O$

실험식: $C_{10}H_{18}O$

(b) 유클립톨의 질량 분석 스펙트럼은 154 amu에서 봉우리를 나타낸다. 이 물질의 분자식은 무엇인가?

$C_{10}H_{18}O$의 화학식량 = 12 amu x 10 + 1 amu x 18 + 16 amu x 1
= 154 amu

따라서 실험식과 분자식은 같다. 즉 분자식은 $C_{10}H_{18}O$



분자식: $C_{10}H_{18}O$

8. (6 x 4 = 24점) 수용액에 다음을 넣었을 때 일어나는 반응의 분자반응식과 알짜반응식을 쓰시오, 그리고 반응이 "산-염기 반응", "침전 반응", "산화-환원 반응" 중 어느 반응에 해당하는지 쓰시오,(수용액에서의 상태도 정확히 표시할 것. 균형이 맞아야 함. 반응이 일어나지 않으면 '반응 없음'이라고 쓸 것)
(a) $FeSO_4$, KCl

분자반응식	반응 없음
알짜반응식	반응 없음
반응의 종류	반응 없음

(b) Fe(s), $Ni(NO_3)_2$

분자반응식	$Fe(s) + Ni(NO_3)_2(aq) \rightarrow Fe(NO_3)_2(aq) + Ni(s)$
알짜반응식	$Fe(s) + Ni^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + Ni(s)$
반응의 종류	산화-환원 반응

(c) K_3PO_4, $AgNO_3$

분자반응식	$K_3PO_4(aq) + 3\ AgNO_3(aq) \rightarrow Ag_3PO_4(s) + 3\ KNO_3(aq)$
알짜반응식	$PO_4^{3-}(aq) + 3\ Ag^+(aq) \rightarrow Ag_3PO_4(s)$
반응의 종류	침전 반응

(d) $NaHCO_3$, H_2SO_4 (힌트: $CO_2(g)$ 발생)

분자반응식	$2\ NaHCO_3(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow Na_2SO_4(s) + 2\ H_2O(l) + 2\ CO_2(g)$
알짜반응식	$HCO_3^-(aq) + H^+(aq) \rightarrow H_2O(l) + CO_2(g)$
반응의 종류	산-염기 반응

9. (10 + 10 = 20점) $\Delta E = q + w$ 의 관계식으로부터 (여기서 일(w)은 오로지 PV 일만 있다고 가정)
(a) "내부에너지의 변화량(ΔE)은 일정 부피에서 어떤 변화가 일어날 때 열로서 수반되는 에너지의 흐름과 같음"을 증명하시오.(즉, 일정 부피에서 $\Delta E = q$ 임을 증명)

$\Delta E = q + w$
$= q - P\Delta V$ (일정 부피, $\Delta V = 0$)
$= q$

(b) "엔탈피의 변화량(ΔH)은 일정 압력에서 어떤 변화가 일어날 때 열로서 수반되는 에너지의 흐름과 같음" 을 증명하시오.(즉, 일정 압력에서 $\Delta H = q$ 임을 증명)

$H = E + PV$
$\Delta H = \Delta E + \Delta(PV)$
$= q + w + [P\Delta V + V\Delta P]$
$= q - P\Delta V + [P\Delta V + V\Delta P]$
$= q + V\Delta P$ (일정 압력, $\Delta P = 0$)
$= q$

10. (11 + 10 = 21 점) 다음의 두 반응은 산화-환원 반응이다.

$Br_2(aq) + 2\ NaI(aq) \rightarrow 2\ NaBr(aq) + I_2(aq)$
$Cl_2(aq) + 2\ NaBr(aq) \rightarrow 2\ NaCl(aq) + Br_2(aq)$

(a) 수용액에서 $Cl^-(aq)$, Br^-,(aq) $I^-(aq)$ 중 산화가 쉽게 되는 것부터 아래 표에 위에서 아래로 순서대로 쓰고, 각각에 대하여 산화(반쪽) 반응식을 쓰시오.(표4.5 참고)

산화의 용이성 순서	산화(반쪽) 반응 (균형이 맞아야 함)
$I^-(aq)$	$2\ I^-(aq) \rightarrow 2\ e^- + I_2(aq)$
$Br^-(aq)$	$2\ Br^-(aq) \rightarrow 2\ e^- + Br_2(aq)$
$Cl^-(aq)$	$2\ Cl^-(aq) \rightarrow 2\ e^- + Cl_2(aq)$

(b) 수용액에 다음을 넣었을 때 일어나는 반응의 알짜반응식을 쓰시오,(수용액에서의 상태도 정확히 표시할 것. 균형이 맞아야 함. 반응이 일어나지 않으면 '반응 없음'이라고 쓸 것)

반응물	알짜반응식
$Cl_2(aq)$, KI(aq)	$2\ I^-(aq) + Cl_2(aq) \rightarrow 2\ Cl^-(aq) + I_2(aq)$
$Br_2(aq)$, LiCl(aq)	반응 없음

11. (10 + 15 = 25점) 수증기($H_2O(g)$)의 표준생성엔탈피(ΔH_f°)는 -242 kJ/mol 이고 물($H_2O(l)$)의 표준생성엔탈피(ΔH_f°)는 -286 kJ/mol 이다.
(a) 여기에서 $\Delta H_f^\circ(H_2O(g))$와 ΔH_f° ($H_2O(l)$)는 각각 어떠한 온도와 압력에서 일어난 화학적 변화(반응)에 대한 엔탈피 변화량인가? 반응식을 정확하게 쓰시오. 그리고 온도와 압력을 적으시오.

	ΔH_f° (kJ/mol)	반응식	압력 (기압)	온도 (°C)
$H_2O(g)$	-242	$H_2(g) + 1/2\ O_2(g) \rightarrow H_2O(g)$	1	25
$H_2O(l)$	-286	$H_2(g) + 1/2\ O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$	1	25

(b) 1기압, 100°C에서 물의 기화열(ΔH_{vap})을 구하시오.

$\Delta H_f(H_2O(g),\ 100^\circ C) = \Delta H_f^\circ(H_2O(g)) + Cp(H_2O(g)) \times \Delta T$
$= -242\ kJ/mol + 33.58\ J/(K\cdot mol) \times 75K$
$= -239\ kJ/mol$

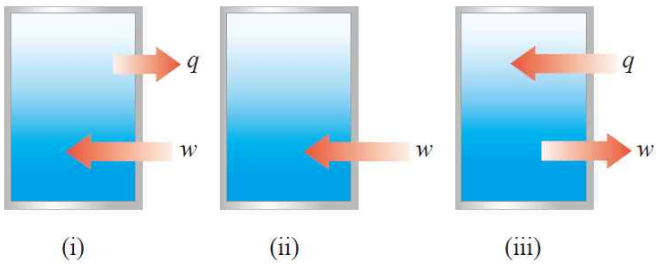
$\Delta H_f(H_2O(l),\ 100^\circ C) = \Delta H_f^\circ(H_2O(l)) + Cp(H_2O(l)) \times \Delta T$
$= -286\ kJ/mol + 75.29\ J/(K\cdot mol) \times 75K$
$= -280\ kJ/mol$

100°C에서 물의 기화열(ΔH_{vap})
$= \Delta H_f(H_2O(g),\ 100^\circ C) - \Delta H_f(H_2O(l),\ 100^\circ C)$
$= -239\ kJ/mol - (-280\ kJ/mol)$
$= 41\ kJ/mol$

100°C에서 물의 기화열(ΔH_{vap}) = 41 kJ/mol

12. (12점) 다음 그림의 닫힌 상자는 각각 계를 나타내고 있으며, 화살표는 특정 과정에 있어서의 변화를 나타내고 있다. 화살표의 길이는 상대적인 q와 w의 강도를 나타낸다. 아래 물음에 답하시오.(아래에서 답이 존재하지 않을 경우 "답 없음"이라고 쓸 것)

물음	답
흡열 과정을 모두 고르시오	(iii)
$\Delta E < 0$인 과정을 모두 고르시오	답 없음
계의 내부 에너지가 증가하는 과정을 모두 고르시오	(i), (ii), (III)



13. (15점) 아래의 전자 배치를 하는 원자에 대하여 표의 빈 칸을 채우시오.

전자배치	원자	족	왼쪽의 전자배치는 "들뜬 상태" 또는 "바닥 상태" ?
$1s^2 2s^2 2p^5$	F	17(7A)	바닥 상태
$1s^2 2s^1$	Li	1(1A)	바닥 상태
$1s^2 2s^1 2p^6 3s^1$	Ne	18(8A)	들뜬 상태
$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	Cl	17(7A)	바닥 상태
$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^4$	Cr	6(6B)	들뜬 상태

14. (3 x 6 =18점) 다음은 19세기말과 20세기 초에 걸쳐서 일어난 과학적 실험의 관측들이다. (무순)

수소원자의 방출스펙트럼(선 스펙트럼), 광전효과, 러더포드의 알파입자 산란실험, 톰슨의 음극선관 실험, 회절, Compton(콤프톤) 효과

다음의 성질들은 위의 관측들 중 어느 것에 의하여 알게 되었는가?

(a) 전자는 파의 성질을 가지고 있다.

(한개) 회절

(b) 원자의 질량은 거의 핵에 집중되어 있다.

(한개) 러더포드의 알파입자 산란실험

(c) 원자는 전자를 가지고 있다.

(한개) 톰슨의 음극선관 실험

(d) 원자에 있는 전자는 양자화된 에너지 상태를 가지고 있다.

(한개) 수소원자의 방출스펙트럼(선 스펙트럼)

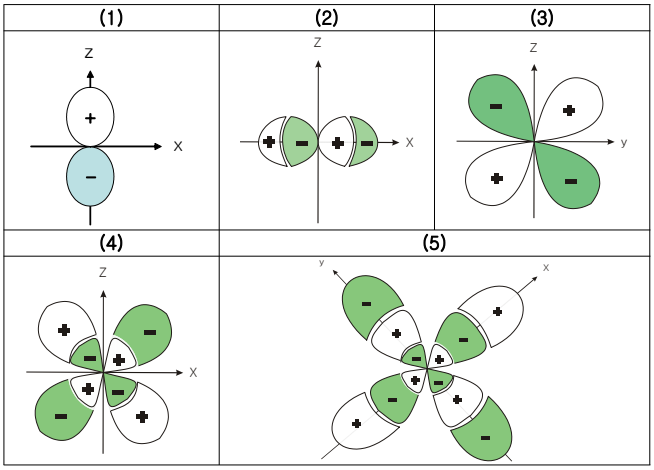
(e) 빛은 파의 성질을 가지고 있다.

(한개) 회절

(f) 빛은 광자(photon) 이라고 불리는 입자의 성질을 가지고 있다.

(두개) 광전효과, Compton(콤프톤) 효과

15. (5 + 5 + 5 + 10 + 10 = 35점) 다음은 몇 가지 원자오비탈의 그림이다. 아래 물음에 답 하시오.(답이 없으면 "답 없음" 이라고 쓸 것)



(a) l 값(각 운동량 양자수, 부양자수)이 2 인 것을 모두 고르시오,

(3), (4), (5)

(b) n 값(주양자수)이 3 인 것을 모두 고르시오,

(2), (3)

(c) 각방향마디(angular node)가 두 개 있는 것을 모두 고르시오,

(3), (4), (5)

(d) 수소 원자(H)에서 (5)번 오비탈에 있는 전자가 (2)번 오비탈로 전이할 때 방출하는 빛의 에너지(ΔE_H)와 헬륨 이온(He^+)에서 (5)번 오비탈에 있는 전자가 (2)번 오비탈로 전이할 때 방출하는 빛의 에너지(ΔE_{He+}) 사이의 관계식을 구하시오,

(5) $5d_{x^2-y^2}$ 오비탈, (2) $3p_x$ 오비탈

$$\Delta E_{n_2 \to n_1} = -R_H\left(\frac{Z}{n_2}\right)^2 - \left(-R_H\left(\frac{Z}{n_1}\right)^2\right) = R_H Z^2\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$$

$(n_2 > n_1, Z$는 핵전하$)$

$$\Delta E_H = R_H\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \quad (Z=1)$$

$$\Delta E_{He^+} = 4R_H\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right) \quad (Z=2)$$

따라서

$$\Delta E_H = \frac{1}{4}\Delta E_{He^+} \text{ 또는 } \Delta E_{He^+} = 4\Delta E_H$$

ΔE_H와 ΔE_{He+} 사이의 관계식: $\Delta E_H = \frac{1}{4}\Delta E_{He^+}$ 또는 $\Delta E_{He^+} = 4\Delta E_H$

(e) 수소 원자(H)에서 (2)번 오비탈에 있는 전자가 (4)번 오비탈로 전이할 때 흡수하는 빛의 파장(λ_H)과 헬륨 이온(He^+)에서 (2)번 오비탈에 있는 전자가 (4)번 오비탈로 전이할 때 흡수하는 빛의 파장(λ_{He+}) 사이의 관계식을 구하시오,

(4) $4d_{xz}$ 오비탈, (2) $3p_x$ 오비탈

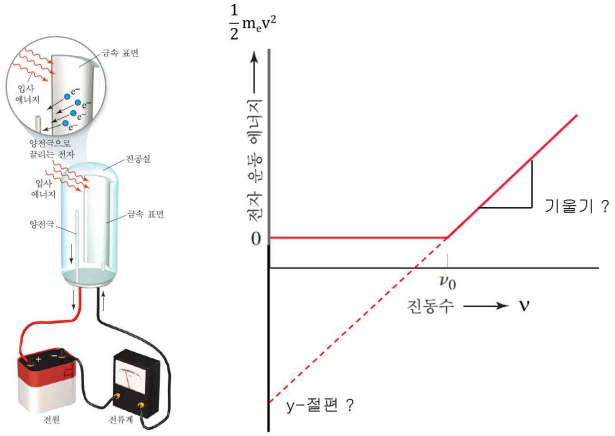
(d)에서 전자가 $2p_z$ 오비탈에서 $4d_{xz}$ 오비탈로 전이 할 때 흡수하는 빛의 에너지도 역시 $\Delta E_H = \frac{1}{4}\Delta E_{He^+}$ 또는 $\Delta E_{He^+} = 4\Delta E_H$의 관계에 있음을 알 수 있다.

즉 $\Delta E_H = h\frac{c}{\lambda_H} = \frac{1}{4}\Delta E_{He^+} = \frac{1}{4}h\frac{c}{\lambda_{He^+}}$

따라서 $\lambda_H = 4\lambda_{He^+}$ 또는 $\lambda_{He^+} = \frac{1}{4}\lambda_H$

λ_H와 λ_{He+} 사이의 관계식: $\lambda_H = 4\lambda_{He^+}$ 또는 $\lambda_{He^+} = \frac{1}{4}\lambda_H$

16. (15 + 15 = 30점) 금속에 파장이 짧은 빛을 비추면 전자가 튀어나오는 현상을 광전 효과(photoelectric effect)라고 한다.(아래 왼쪽 그림) 아래 오른쪽 그래프는 금속 표면에 조사하는 빛의 진동수(주파수)와 튀어나오는 전자의 운동에너지 사이의 관계를 나타낸 그래프이다.(굵은 실선)



(a) 위 그래프에서 기울기의 값은 얼마인가?(값과 단위를 정확히 쓸 것) 또 그렇게 결정하게된 이유를 설명하시오.

광전효과 실험에서

빛의 진동수(ν)가 문턱진동수(ν_o) 보다 작을 때 전자는 튀어나오지 않는다. 즉 $\frac{1}{2}m_e v^2 = 0$

빛의 진동수(v)가 문턱진동수(ν_o) 보다 클때 전자는 튀어나오고 이때 전자의 운동에너지는 $\frac{1}{2}m_e v^2 = h\nu - h\nu_o$ 이다.

따라서 기울기는 h(플랑크 상수) 이다.

기울기: 6.626 x 10^{-34} J•s

(b) 위의 실험에서 금속이 Li인 경우 문턱진동수(ν_o)는 7.018 x10^{14} Hz 이다. 위 그래프에서 기울어진 직선을 연장하였을 때 y-축과 만나는 점(y-절편)의 값은 얼마인가?(단위 J)

$$\frac{1}{2}m_e v^2 = h\nu - h\nu_o$$

따라서 y-절편의 값은

$$y-\text{절편} = -h\nu_o$$

= - 6.626 x 10^{-34} Js x 7.018 x 10^{14} s^{-1}

= - 4.650 x 10^{-19} J

(즉 y-절편의 값은 [일함수(work function) 값 x (-1)] 이다.)

y-절편: - 4.650 x 10^{-19} J

<상수>		
Avogadro의 수(N_A)	6.022×10^{23}/mol	
Planck 상수(h)	6.626×10^{-34} J•s	
<단위 변환>		
K	273.15 + °C	
<밀도, 비열, 증발열, 녹음열>		
물의 비열($C_p(H_2O(l))$)	1.00 cal/(g•°C) = 4.186 J/(g•°C) = 75.29 J/(K•mol)	
수증기의 비열($C_p(H_2O(g))$)	0.484 cal/(g•°C) = 33.58 J/(K•mol)	
<(방정)식>		
수소꼴 원자에서의 전자 오비탈 에너지 준위	$E_n = -R_H(\frac{Z^2}{n^2}) = -2.178\times10^{-18}J(\frac{Z^2}{n^2})$ (n=1,2,..)	
빛의 속도	$c = \nu\lambda$	
빛의 에너지	$\Delta E = h\nu$	
<표준생성엔탈피: ΔH_f° (kJ/mol)>		
화합물	ΔH°_f (kJ/mol)	
H_2O (l)	−286	
H_2O (g)	−242	
CO_2(g)	−293.5	
CH_4(g)	−78.4	

PERIODIC CHART OF THE ELEMENTS

IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII			IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	INERT GASES
1 H 1.00797																1 H 1.00797	2 He 4.0026
3 Li 6.939	4 Be 9.0122											5 B 10.811	6 C 12.0112	7 N 14.0067	8 O 15.9994	9 F 18.9984	10 Ne 20.183
11 Na 22.9898	12 Mg 24.312											13 Al 26.9815	14 Si 28.086	15 P 30.9738	16 S 32.064	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
19 K 39.102	20 Ca 40.08	21 Sc 44.956	22 Ti 47.90	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.9380	26 Fe 55.847	27 Co 58.9332	28 Ni 58.71	29 Cu 63.54	30 Zn 65.37	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.9216	34 Se 78.96	35 Br 79.909	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.905	40 Zr 91.22	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc (99)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.905	46 Pd 106.4	47 Ag 107.870	48 Cd 112.40	49 In 114.82	50 Sn 118.69	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.904	54 Xe 131.30
55 Cs 132.905	56 Ba 137.34	*57 La 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.948	74 W 183.85	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.09	79 Au 196.967	80 Hg 200.59	81 Tl 204.37	82 Pb 207.19	83 Bi 208.980	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	‡89 Ac (227)	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (262)	108 Hs (265)	109 Mt (266)	110 ? (271)	111 ? (272)	112 ? (277)						

Numbers in parenthesis are mass numbers of most stable or most common isotope.

Atomic weights corrected to conform to the 1963 values of the Commission on Atomic Weights.

The group designations used here are the former Chemical Abstract Service numbers.

* Lanthanide Series

58 Ce 140.12	59 Pr 140.907	60 Nd 144.24	61 Pm (147)	62 Sm 150.35	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.924	66 Dy 162.50	67 Ho 164.930	68 Er 167.26	69 Tm 168.934	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97

‡ Actinide Series

90 Th 232.038	91 Pa (231)	92 U 238.03	93 Np (237)	94 Pu (242)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (249)	99 Es (254)	100 Fm (253)	101 Md (256)	102 No (256)	103 Lr (257)

표 4.5 • 수용액 중 금속의 활동도 계열

금속	산화 반응
리튬(Lithium)	$Li(s) \longrightarrow Li^+(aq) + e^-$
포타슘(Potassium)	$K(s) \longrightarrow K^+(aq) + e^-$
바륨(Barium)	$Ba(s) \longrightarrow Ba^{2+}(aq) + 2e^-$
칼슘(Calcium)	$Ca(s) \longrightarrow Ca^{2+}(aq) + 2e^-$
소듐(Sodium)	$Na(s) \longrightarrow Na^+(aq) + e^-$
마그네슘(Magnesium)	$Mg(s) \longrightarrow Mg^{2+}(aq) + 2e^-$
알루미늄(Aluminum)	$Al(s) \longrightarrow Al^{3+}(aq) + 3e^-$
망가니즈(Manganese)	$Mn(s) \longrightarrow Mn^{2+}(aq) + 2e^-$
아연(Zinc)	$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$
크로뮴(Chromium)	$Cr(s) \longrightarrow Cr^{3+}(aq) + 3e^-$
철(Iron)	$Fe(s) \longrightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$
코발트(Cobalt)	$Co(s) \longrightarrow Co^{2+}(aq) + 2e^-$
니켈(Nickel)	$Ni(s) \longrightarrow Ni^{2+}(aq) + 2e^-$
주석(Tin)	$Sn(s) \longrightarrow Sn^{2+}(aq) + 2e^-$
납(Lead)	$Pb(s) \longrightarrow Pb^{2+}(aq) + 2e^-$
수소(Hydrogen)	$H_2(g) \longrightarrow 2\,H^+(aq) + 2e^-$
구리(Copper)	$Cu(s) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$
은(Silver)	$Ag(s) \longrightarrow Ag^+(aq) + e^-$
수은(Mercury)	$Hg(l) \longrightarrow Hg^{2+}(aq) + 2e^-$
백금(Platinum)	$Pt(s) \longrightarrow Pt^{2+}(aq) + 2e^-$
금(Gold)	$Au(s) \longrightarrow Au^{3+}(aq) + 3e^-$