00096

The Open University of Sri Lanka
Faculty of Natural Sciences
B.Sc/ B. Ed Degree Programme

Department	**: Chemistry**
Level	**: 03**
Name of the Examination	**: Final Examination**
Course Title and - Code	**: CYU3201 - Basic Principles of Chemistry II - *(PART B)***
Academic Year	**: 2020/2021**
Date	**: 27.03.2022**
Time	**: 9.30 am – 11.30 am**

பொதுவான அறிவுறுத்தல்கள்

1. வினாக்களுக்கு விடையளிப்பதற்கு முன்னர் தரப்பட்ட எல்லா அறிவுறுத்தல்களையும் கவனமாக வாசிக்கவும்.
2. இவ் வினாத்தாளானது **மூன்று** வினாக்களை **ஐந்து** பக்கங்களில் கொண்டுள்ளது.
3. அனைத்து வினாக்களுக்கும் விடையளிக்குக. அனைத்து வினாக்களும் சமனான புள்ளிகளை கொண்டுள்ளன.
4. ஒவ்வொரு வினாவிற்குமான விடைகள் புதிய பக்கத்தில் தொடங்கப்படுதல் வேண்டும்.
5. தேவையேற்படின் முழுமையாக பெயரிடப்பட்ட வரைபடத்தை வரைக.
6. பரீட்சை குற்றமாக கருதப்படும் எந்தவொரு நடவடிக்கைகளிலும் ஈடுபடுவது தண்டணைக்கு வழிவகுக்கும்.
7. வினாக்களுக்கான விடைகளை எழுதுவதற்கு நீலம் அல்லது கறுப்பு மையை பயன்படுத்தவும்.
8. உமது விடைத்தாளில் உமது சுட்டெண்ணை தெளிவாகச் சுட்டிக் காட்டுக.

வாயுமாறிலி **(R)**	=	$8.314\ \mathrm{J\,K^{-1}\,mol^{-1}}$
அவகாதரோமாறிலி	=	$6.023 \times 10^{23}\ \mathrm{mol^{-1}}$
பரடேயின் மாறிலி **(F)**	=	$96{,}500\ \mathrm{C\,mol^{-1}}$
பிளாங்கின் மாறிலி **(h)**	=	$6.63 \times 10^{-34}\ \mathrm{J\,s}$
ஒளியின் வேகம் **(C)**	=	$3.0 \times 10^{8}\ \mathrm{m\,s^{-1}}$
நியம வளிமண்டல அமுக்கம்	=	$10^{5}\ \mathrm{Pa\ (N\,m^{-2})}$
இலத்திரன் ஒன்றின் திணிவு	=	$9.1 \times 10^{-31}\ \mathrm{kg}$

$\Delta G = -nFE \qquad I = 0.5 \times \sum_j c_j Z_j^2 \qquad \log(\gamma_\pm) = -\frac{A Z^2 \sqrt{I}}{1 + aB\sqrt{I}} \qquad E = E^0 - \frac{RT}{nF}\ln(Q)$

Data : $A = 0.509\ \mathrm{dm^{3/2}\,mol^{-1/2}}$ $\qquad aB = 1.25\ \mathrm{dm^{3/2}\,mol^{-1/2}}$

The Open University of Sri Lanka
Faculty of Natural Sciences
B.Sc/ B. Ed Degree Programme

Department	**: Chemistry**
Level	**: 03**
Name of the Examination	**: Final Examination**
Course Title and - Code	**: CYU3201 - Basic Principles of Chemistry II - *(PART B)***
Academic Year	**: 2020/2021**
Date	**: 27.03.2022**
Time	**: 9.30 am – 11.30 am**
Duration	: 2 hours

General Instructions

1. Read all instructions carefully before answering the questions.
2. This question paper consists of **three** questions in **Five** pages.
3. Answer all the questions. All questions carry equal marks.
4. Answer for each question should commence from a new page.
5. Draw fully labeled diagrams where necessary.
6. Involvement in any activity that is considered as an exam offense will lead to punishment.
7. Use blue or black ink to answer the questions.
8. Clearly state your index number in your answer script.

Gas Constant **(R)**	=	$8.314\ J\ K^{-1}\ mol^{-1}$
Avogadro Constant	=	$6.023 \times 10^{23}\ mol^{-1}$
Faraday constant **(F)**	=	$96{,}500\ C\ mol^{-1}$
Planck Constant **(h)**	=	$6.63 \times 10^{-34}\ J\ s$
Velocity of Light **(C)**	=	$3.0 \times 10^{8}\ m\ s^{-1}$
Standard Atmospheric pressure	=	$10^{5}\ Pa\ (N\ m^{-2})$
Mass of an Electron	=	$9.1 \times 10^{-31}\ kg$

$\Delta G = -nFE$ $\quad I = 0.5 \times \sum_j c_j Z_j^2$ $\quad \log(\gamma_{\pm}) = -\dfrac{A Z^2 \sqrt{I}}{1 + aB\sqrt{I}}$ $\quad E = E^0 - \dfrac{RT}{nF}\ln(Q)$

Data : $A = 0.509\ dm^{3/2}\ mol^{-1/2}$ $\quad aB = 1.25\ dm^{3/2}\ mol^{-1/2}$

பகுதிB

(பரிந்துரைக்கப்பட்டகாலம் 1 மணித்தியாலம் 30 நிமிடங்கள்)

---

01. (a), (b), (c) ஆகிய **அனைத்து** பகுதிகளுக்கும் விடையளிக்குக.

(a) (i) வெப்பஇயக்கவியலின் முதலாம் விதியின் கணித வெளிப்பாட்டை எழுதுக. அதிலுள்ள அனைத்து பதங்களையும் வரையறுக்குக.

(ii) விரிவுசார் பண்பு மற்றும் செறிவுசார் பண்பு ஆகிய பதங்களை வேறுபடுத்துக.

பின்வரும் பண்புகளில் **விரிவுசார் பண்புகள்** எவை?

வெப்ப கொள்ளளவு Cp, மூலர் அகச்சக்தி, இயக்கச் சக்தி, கிப்சின் சுயாதீன சக்தி, மூலர் வெப்பவுள்ளுறை, அமுக்கம், கெல்வின் வெப்பநிலை

(20 புள்ளிகள்)

(b) நிபந்தனைகள் ஏதேனும் காணப்படுமாயின், எவ்வாறான நிபந்தனைகளின் கீழ் மற்றும் எந்த வகையான தொகுதிகளுக்கு பின்வரும் வெப்ப இயக்கவியல் சமன்பாடுகளை பிரயோகிக்க முடியும்?

(i) $q = nRT\ln V_2/V_1$

(ii) $\ln P + Y\ln V =$ *மாறிலி*

(iii) $\Delta U = n\,C_{v,m}\,\Delta T$

(iv) $\Delta S = \Delta H/T$

(20 புள்ளிகள்)

c) (i) வெப்ப இயக்கவியலின் முதலாம் விதியிலிருந்து ஆரம்பித்து, மாறா கனவளவு செயன்முறையின் போதான வெப்ப மாற்றம் ஆனது அதன் அகச்சக்தி மாற்றத்திற்கு சமன் எனக் காட்டுக. விரிவடைதலின் போதுள்ள வேலை மட்டுமே சாத்தியம் எனத் தரப்பட்டுள்ளது.

(ii) 300 K வெப்பநிலையில் ஒரு மூல் அமோனியா, $NH_3(g)$ ஆனது அதன் ஆக்கக்கூறுகளில் இருந்து உருவாக்கப்படுகையில் ஏற்படும் வெப்பவுள்ளுறை மாற்றம் -46 kJ ஆகும். 300 K இல் அமோனியாவின் தோன்றலுக்கான மூலர் அகச்சக்தி மாற்றத்தினை கணிக்குக. இலட்சிய வாயு நடத்தையை கருத்திற்கொள்க.

(iii) 727 °C இல் உள்ள ஓர் ஈரணு வாயுவின் ($C_{v,m} = 5R/2$) 100 மூல்கள் ஆனது, மீளக்கூடிய சேறலில்லா செயன்முறையின் கீழ் 227 °C வெப்பநிலைக்கு மாற்றமடைகின்றது. வாயுவின் இறுதி கனவளவு 10^6 dm^3 ஆகும்.

கணிக்குக:

வெப்பவுள்ளுறை மாற்றம், ΔH

எந்திரப்பி மாற்றம், ΔS

வாயுவின் ஆரம்ப கனவளவு

(60 புள்ளிகள்)

Part B

(Recommended time 1 hour 30 minutes)

---

01. Answer **all** parts (a), (b), and (c).

(a) (i) Write down the mathematical expression for the first law of thermodynamics and define all the terms involved.

(ii) Distinguish between the terms extensive property and intensive property?

Which of the following properties are **extensive**?

Heat capacity Cp, Molar internal energy, Kinetic energy, Gibbs free energy, Molar enthalpy, Pressure, Temperature in Kelvin

(20 Marks)

(b) Under what conditions, if any, and to what type of systems will the following thermodynamic equations apply?

(i) $q = nRT \ln V_2/V_1$

(ii) $\ln P + \Upsilon \ln V = constant$

(iii) $\Delta U = n\, C_{v,m}\, \Delta T$

(iv) $\Delta S = \Delta H / T$

(20 Marks)

c) (i) Starting from the first law of thermodynamics, show that the heat change in an isochoric process is equal to the internal energy change, provided only expansion work is possible.

(ii) The enthalpy change accompanying the formation of one mole of ammonia, $NH_3(g)$ from its elements at 300 K is -46 kJ. Calculate the molar internal energy change, of formation of ammonia at 300 K. Assume ideal gas behaviors.

(iii) 100 moles of a diatomic gas ($C_{v,m}$ = 5R/2) at 727 °C undergo a change of temperature to 227 °C through a reversible adiabatic process. Final volume of the gas is 10^6 dm^3.

Calculate:

The change in enthalpy, ΔH

The change in entropy, ΔS

The initial volume of the gas

(60 Marks)

00096

02.

(a) A + 2B $\longrightarrow$ C எனும் வடிவில் அமைந்த, அனுமானரீதியிலான ஓர் எளிய தாக்கத்தை கருதுக.

(i) நியம குறியீடுகளை பயன்படுத்தி, மேற்கூறிய தாக்கத்தின் தாக்கவீத விதி அல்லது சமன்பாட்டை $-\frac{d[A]}{dt}$ எனும் பதம் சார்பாக எழுதுக (தாக்க வீதமாறிலி **k** ஆகும்).

(ii) A உடன் ஒப்பிடுகையில் B ஐ மிகைஅளவில் பயன்படுத்தி இத்தாக்கமானது மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளது என கருதிக்கொண்டு, இத்தாக்கத்திற்கு பொருத்தமான தாக்கவீத சமன்பாட்டை, **போலி** தாக்கவீத மாறிலி **(k*)** எனும் பதம் சார்பாக **எழுதுக.**

(16 புள்ளிகள்)

(b) ஈதைல் அசற்றேற்று (88.0 g mol^{-1}) மற்றும் சோடியம் ஐதரொட்சைட்டு ஆகியவற்றிற்கு இடையிலான நீர்பகுப்பு தாக்கமானது, அதிலுள்ள ஒவ்வொரு தாக்கி சார்பாகவும் முதல் வரிசை தாக்கம் என கண்டறியப்பட்டுள்ளது.

(i) மேற்கூறப்பட்ட நீர்பகுப்பு தாக்கத்திற்கான இரசாயன சமன்பாட்டை எழுதுக.

(ii) இரு தாக்கிகளினதும் ஆரம்ப செறிவுகள் ஒரே பெறுமானத்தை கொண்டவையாகவும், அது "**b**" mol dm^{-3} இற்கு சமனாகவும் காணப்படுகின்றது எனவும், எந்த நேரம், t இலும் தாக்கம் புரிந்த எசுத்தரின் செறிவு "**x**" mol dm^{-3} எனவும் கருதி, இத்தாக்கத்திற்கான பொதுவான தாக்கவீத வெளிப்பாட்டை எழுதுக.

(c) மேற்கூறிய இயக்கவியல் பரிசோதனையை மேற்கொள்வதற்காக, நீங்கள் 10.00 cm^3 எசுத்தரை (அடர்த்தி = 300 K இல் 0.88 g cm^{-3}), காய்ச்சி வடிகட்டிய நீர் மற்றும் 1.0 M NaOH ஆகியவற்றுடன் கலந்து மொத்த கனவளவு 250.0 cm^3 ஆக உள்ள ஓர் கலவையை தயாரிக்குமாறு கேட்கப்பட்டுள்ளீர்கள். NaOH இன் செறிவானது தாக்க கலவையில் உள்ள எசுத்தரின் செறிவுக்கு சமனாகும்.

(i) தாக்க கலவையில் உள்ள எசுத்தரின் ஆரம்ப செறிவினை தீர்மானிக்குக.

(ii) நீங்கள் சேர்க்க எதிர்பார்க்கும் 1.0 M NaOH இன் கனவளவை கணிக்குக.

(34 புள்ளிகள்)

(d) மாணவன் ஒருவனால் தயாரிக்கப்பட்ட கலத்திற்கான, கல வரைபடம் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது.

$$X(s)\left|X^{+}(aq)\left(c_{X^{+}}=0.01\,mol\,dm^{-3}\right)\right\|Y^{3+}(aq)\left(c_{Y^{2+}}=0.02\,mol\,dm^{-3}\right)\Big|Y(s)$$

X மற்றும் Y என்பன உலோகங்கள் ஆகும். 25 °C இல் மேற்கூறப்பட்ட கல வரைபடத்திற்கான மி.இ.வி 1.56 V என இம்மாணவன் கண்டறிந்தான்.

(i) மேற்கூறப்பட்ட கல வரைபடத்திற்கான அனோட்டுத் தாக்கம், கதோட்டுத் தாக்கம் மற்றும் கலத்தாக்கம் ஆகியவற்றை எழுதுக.

(ii) மேலே நீங்கள் எழுதியுள்ள கலத்தாக்கத்திற்கான ஏற்ற எண் யாது?

(iii) நீங்கள் எழுதியுள்ள கலத்தாக்கம் சுயாதீனமானதா அல்லது சுயாதீனமற்றதா எனக் காரணம் தந்து வகுத்துரைக்குக.

02.

(a) Consider a hypothetical elementary reaction of the form A + 2B $\longrightarrow$ C.

(i) Write down the rate law / equation in terms of $-\frac{d[A]}{dt}$ for the above reaction using the standard symbols (with **k** as the rate constant)

(ii) Assuming that this reaction is carried out with an excess amount of B relative to A, **write down** the corresponding rate equation in terms of the **pseudo** rate constant (**k***) of the reaction.

(16 Marks)

(b) The hydrolysis reaction between ethyl acetate (88.0 g mol^{-1}) and sodium hydroxide is found to be first order with respect to each of the reactants.

(i) Write down the chemical equation for the above hydrolysis reaction.

(ii) Write down the general rate expression for this reaction, assuming that the initial concentrations of both the reactants are same and equal to "**b**" mol dm^{-3} and that the concentration of the ester reacted at any time, t, is "**x**" mol dm^{-3}.

(c) In carrying out the above kinetic experiment, you have been asked to mix 10.00 cm^3 of the ester (density = 0.88 g cm^{-3} at 300 K) with distilled water and 1.0 M NaOH such that the total volume is 250.0 cm^3 and, that the concentration of NaOH is equal to that of the ester in the reaction mixture.

(i) Determine the initial concentration of ester in the reaction mixture.

(ii) Calculate the volume of 1.0 M NaOH that you are expected to add.

(34 Marks)

(d) A cell diagram for the cell constructed by a student is shown below.

$$X(s)\big|\,X^{+}(aq)\left(c_{X^{+}} = 0.01\,\text{mol dm}^{-3}\right)\big\|\,Y^{3+}(aq)\left(c_{Y^{2+}} = 0.02\,\text{mol dm}^{-3}\right)\big|Y(s)$$

X and Y are metals. At 25 °C, the student found out that the emf assigned to the above cell diagram to be 1.56 V.

(i) Write down the anode, cathode and cell reactions corresponding to the above cell diagram.

(ii) What is the charge number of the cell reaction you have written above?

(iii) Giving reasons state whether the cell reaction you have written is spontaneous or not.

(iv) மேலே குறிப்பிட்டுள்ள கலத்தாக்கத்திற்கான கிப்சின் சுயாதீன சக்தி மாற்றத்தினை கணிக்குக.

(50 புள்ளிகள்)

03. (a), (b), (c) ஆகிய பகுதிகளில், **இரு** பகுதிகளுக்கு விடையளிக்குக.

(a) உலோக உருளை P ஐ PY இன் நீர்க்கரைசலினுள் வைப்பதன் மூலமும் (நீர்க்கரைசலினுள் PY யானது P^{2+} மற்றும் Y^{2-} அயன்களாக முற்றாக பிரிகையடைகிறது), உலோக உருளை Q ஐ QY_2 இன் நீர்க்கரைசலினுள் வைப்பதன் மூலமும் ஒரு மாணவன் ஓர் கல்வானிக் கலத்தை தயாரித்தான். இதன் போது இம்மாணவன் உப்புப்பாலம் ஒன்றினை பயன்படுத்தி, இரு கரைசல்களையும் மின்னியல்ரீதியில் இணைத்தான். 30 ^{O}C இல் P மற்றும் Q ஆகிய உலோகங்கள் சம்பந்தப்பட்ட மேற்கூறிய மின்வாய்களின், மின்வாய் அழுத்தங்கள் முறையே -1.35 V மற்றும் -2.64 V என கண்டறியப்பட்டுள்ளது. PY மற்றும் QY_2 ஆகியவை நீரில் எளிதாக கரைவதன் மூலம் முற்றாக பிரிகையடைந்து அயன்களை உருவாக்குகின்றன.

(i) நியம குறியீடுகளை பயன்படுத்துவதன் மூலம் இம்மாணவனால் தயாரிக்கப்பட்ட கலத்திற்கான கலவரைப்படத்தை வரைக.

(ii) மேலே நீங்கள் வரைந்த கல வரைபடத்திற்கான அனோட்டுத் தாக்கம், கதோட்டுத் தாக்கம் மற்றும் கலத்தாக்கம் ஆகியவற்றை எழுதுக.

(iii) மேலே நீங்கள் எழுதியுள்ள கலத்தாக்கத்திற்கான ஏற்ற எண் யாது?

(iv) 30 ^{O}C இல் பரிசோதனை நிபந்தனைகளின் கீழ் நீங்கள் வரைந்துள்ள கல வரைபடத்திற்கான மி.இ.வி இனை கணிக்குக.

(v) 30 ^{O}C இல் உள்ள பரிசோதனை நிபந்தனைகளின் கீழ் நீங்கள் எழுதியுள்ள கலத்தாக்கத்திற்கான கிப்சின் சுயாதீன சக்தி மாற்றத்தினை கணிக்குக.

(vi) காரணங்களை தருவதன் மூலம், இம்மாணவனால் தயாரிக்கப்பட்டுள்ள கல்வானிக் கலத்தின் நேர் முடிவிடத்தை கண்டறிக.

(50 புள்ளிகள்)

(b) 25 ^{O}C இல், K_3PO_4 மற்றும் KCl ஆகியவற்றை நீரில் கரைப்பதன் மூலம் மாணவன் ஒருவன் ஓர் கரைசலை தயாரித்தான். K_3PO_4 மற்றும் KCl ஆகியவற்றின் செறிவுகள் முறையே 0.200 mol dm^{-3} மற்றும் 0.150 mol dm^{-3} ஆகும். K_3PO_4 ஆனது ஓர் வலிமையான மின்பகுப்பொருள் எனவும், $PO_4^{3-}(aq)$ இன் நீருடனான தாக்கத்தை புறக்கணிக்க முடியும் எனவும் கருதுக.

(i) K_3PO_4 மற்றும் KCl ஆகியன கரைவதன் மூலமாக மாத்திரமே கரைசலினுள் அயன்கள் உருவாக்கப்படுகின்றன என கருதி, இம்மாணவனால் தயாரிக்கப்பட்ட கரைசலின் அயன் வலிமையை கணிக்குக.

(ii) டேபை-ஹுக்கலின் எல்லைப்படுத்தும் விதியினை (Debye-Huckel limiting law) பயன்படுத்துவதன் மூலம் மேற்கூறப்பட்ட கரைசலில் உள்ள பொட்டாசியம் மற்றும் பொசுபேற்று அயன்களின் தொழிற்பாட்டு குணகங்களை கணிக்குக.

(iii) மேற்கூறப்பட்ட கரைசலில் உள்ள பொட்டாசியம் மற்றும் பொசுபேற்று அயன்களின் தொழிற்பாடுகளை கணிக்குக.

(50 புள்ளிகள்)

(iv) Calculate the Gibbs free energy change for the above-mentioned cell reaction.

(50 Marks)

03. Answer any **TWO** parts out of (a), (b) and (c).

(a) A student prepared a Galvanic cell by placing a rod of metal P in an aqueous solution of PY(in an aqueous solution PY completely dissociated into P^{2+} and Y^{2-}), placing a rod of metal Q in an aqueous solution of QY_2 and bringing the electrical contact between the two solutions using a salt bridge. It was found that the electrode potentials to be -1.35 V and -2.64 V for the above mentioned electrodes involving metals P and Q, respectively at 30 ^{O}C. PY and QY_2 readily dissolve in water dissociating fully into ions.

(i) Using standard notation, draw a cell diagram for the cell prepared by the student.

(ii) Write down the anode reaction, cathode reaction, and cell reaction corresponding to the cell diagram you have drawn.

(iii) What is the charge number of the cell reaction you have written above.

(iv) Calculate the emf assigned to the cell diagram you have drawn under the experimental conditions at 30 ^{O}C.

(v) Calculate the Gibbs free energy change for the cell reaction you have written under experimental conditions at 30 ^{O}C.

(vi) Giving reasons identify the positive terminal of the Galvanic cell the student has prepared.

(50 Marks)

(b) At 25 ^{O}C, a student prepared a solution by dissolving K_3PO_4 and KCl in water. The concentrations of K_3PO_4 and KCl were 0.200 mol dm^{-3} and 0.150 mol dm^{-3}, respectively. Assume K_3PO_4 to be a strong electrolyte and disregard the reaction of PO_4^{3-}(aq) with water.

(i) Calculate the ionic strength of the solution prepared by the student assuming that the only ions in the solution are created by the dissolution of K_3PO_4 and KCl.

(ii) Calculate the activity coefficients of potassium and phosphate ions in the above mentioned solution using Debye-Huckel limiting law.

(iii) Calculate the activities of potassium and phosphate ions in the above mentioned solution.

(50 Marks)

(c) (A) கல்வானிக்கலம் தொடர்பான கல்வியில் பிரயோகிக்கப்படும் பின்வரும் பதங்களை வரையறுக்குக.

(i) மின்கலம் ஒன்றின் கொள்ளளவு

(ii) மின்கலம் ஒன்றின் சக்தி அடர்த்தி

(B) விஞ்ஞானி ஒருவர், பியூற்றேனை எரிபொருளாக பயன்படுத்தக்கூடிய ஓர் எரிபொருள் கலத்தை உருவாக்கினார். இக்கலத்தின் மின்பகுப்பு ஊடகம் அமிலம் ஆகும். கலத்தின் சுயாதீன கலத்தாக்கம் பின்வருமாறு,

$$2\,CH_3CH_2CH_2CH_3 + 13\,O_2 \longrightarrow 8\,CO_2 + 10\,H_2O$$

இக்கலத்தாக்கத்திற்கான, கிப்சின் சுயாதீன சக்தி மாற்றம் $-5{,}400\ kJ\ mol^{-1}$ ஆகுமென அவர் கண்டறிந்தார்.

(i) சுயாதீன அனோட்டுத் தாக்கம், மற்றும் சுயாதீன கதோட்டுத் தாக்கம் ஆகியவற்றை எழுதுக.

(ii) இத்தாக்கத்தின் ஏற்ற எண்ணை அனுமானிக்கவும்.

(iii) இவ் எரிபொருள் கலத்தின் இரு முடிவிடங்களுக்குமிடையில் அவதானிப்பதற்கு சாத்தியமான மிகக்கூடிய அழுத்த வேறுபாட்டைக் கணிக்குக.

(iv) இக்கலத்தில் இருந்து 15 A எனும் மாறா மின்னோட்டம் எடுக்கப்படும் போது, பியூற்றேனின் எரியும் வீதத்தை $mol\ S^{-1}$ எனும் அலகில் கணிக்குக.

(50 புள்ளிகள்)

(c) (A) Define the following as applied in studying Galvanic Cells.

(i) Capacity of a battery

(ii) Energy density of a battery

(B) A scientist constructed a fuel cell which uses butane as the fuel. The electrolytic medium of the cell is acidic. The spontaneous cell reaction is

$$2\ CH_3CH_2CH_2CH_3 + 13\ O_2 \longrightarrow 8\ CO_2 + 10\ H_2O$$

He found out that the Gibbs free energy change for this cell reaction to be -5,400 kJ mol^{-1}.

(i) Write down the spontaneous anode reaction and spontaneous cathode reaction.

(ii) Deduce the charge number of this reaction.

(iii) Calculate the largest potential difference that may be observed across the two terminals of this fuel cell.

(iv) Calculate the rate of combustion of butane in units of mol S^{-1}, in this cell when a steady current of 15 A is drawn from it.

(50 Marks)