

SULIT



First Semester Examination
2024/2025 Academic Session

February 2025

**EBS315 – Hydrometallurgy
(Hidrometalurgi)**

Duration : 3 hours
(Masa : 3 jam)

Please check that this examination paper consists of SIXTEEN (16) pages of printed material including ONE (1) APPENDIX before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi ENAM BELAS (16) muka surat yang bercetak termasuk SATU (1) LAMPIRAN sebelum anda memulakan peperiksaan ini].

Instructions : Answer **FIVE (5)** questions. **Part A is COMPULSORY**. Answer TWO (2) questions from Part B. All questions carry the same marks.

Arahan : Jawab **LIMA (5)** soalan. **Bahagian A WAJIB dijawab**. Jawab DUA (2) soalan daripada Bahagian B. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama.]

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai].

...2/-

SULIT

PART A / BAHAGIAN A

- (1). (a). In-Situ leaching also known as solution mining refers to the leaching of mineral deposits within the earth's crust involving minimal surface disturbance. With the aid of diagrams, sketch and concisely discuss the two types of in-situ leaching.

Pelarutlesapan 'in-situ' yang dikenali juga sebagai perlombongan larutan merujuk kepada pelarutlesapan mendapan mineral di dalam kerak bumi yang melibatkan gangguan permukaan mukabumi yang minimal. Dengan bantuan gambar rajah, lakarkan dan bincang dengan ringkas dua jenis pelarutlesapan 'in-situ'.

(4 marks/markah)

- (b). Exploration in Pahang has found a deposit of refractory gold ore with an average grade of 3.2 g/t. The ore is characterized by gold encapsulated within sulfide minerals such as pyrite (FeS_2), arsenopyrite (FeAsS), and chalcopyrite (CuFeS_2), as well as submicroscopic inclusions in silicates. As a mineral resources engineer, you are requested to propose a comprehensive process flowsheet for gold recovery from this deposit. Include all the relevant unit processes in hydrometallurgy and suggest a suitable pre-treatment method to address the refractory nature of the ore. Justify your recommendations based on the mineralogical characteristics of the deposit.

...3/-

Eksplorasi di Pahang telah menemui deposit bijih emas refraktori dengan gred purata 3.2 g/t. Bijih dicirikan sebagai emas yang terkandung dalam mineral sulfida seperti pirit (FeS_2), arsenopirit (FeAsS), dan kalkopirit (CuFeS_2), serta inklusi submikroskopik dalam silikat. Sebagai seorang jurutera sumber mineral, anda dikehendaki merekabentuk carta alir proses yang komprehensif untuk perolehan emas daripada mendapan ini. Sertakan semua proses unit yang berkaitan dalam hidrometalurgi dan cadangkan kaedah pra-rawatan yang sesuai untuk menangani sifat refraktori bijih. Wajarkan cadangan anda berdasarkan ciri mineralogi mendapan.

(8 marks/markah)

- (c). An agitation plant in Pahang is processing 250 metric tonne of gold ore with a grade of 2.5 g/T. This ore is leached in 6 reactors arranged in series with residence time of 6 hr in each reactor. The slurry containing ore contained a solid to liquid ratio of 2:5 The final solution obtained carries about 0.95 g/T Au.

Satu loji pengadukan di Pahang memproses 250 tan metrik bijih emas dengan gred 2.5 g/T. Bijih ini dilarutlesapkan dalam 6 reaktor yang disusun secara bersiri dengan masa rentanan 6 jam dalam setiap reaktor. Buburan mengandungi bijih dalam nisbah pepejal kepada cecair 2:5. Larutan akhir membawa sebanyak 0.95 g/T Au.

- (i). Calculate the recovery in this reactor system.

Kirakan perolehan dalam sistem reaktor ini.

(4 marks/markah)

- (ii). If the recovery in the first and the second reactors are 45% and 20% respectively of the overall recovery, determine the grade of the solution that enter and leave the second reactor?

...4/-

Jika perolehan dalam reaktor pertama dan kedua masing-masing adalah sebanyak 45 % dan 20 % dari perolehan keseluruhan, tentukan gred larutan yang masuk dan keluar dari reaktor kedua?

(4 marks/markah)

- (2). (a). Figure 1 shows the Eh – pH diagram for the Zn-H₂O system at 25°. The leaching of Zn starts with the solid ZnO. The lines for O₂ and H₂ evolution are superimposed on this diagram.

Rajah 1 menunjukkan gambar rajah Eh – pH bagi sistem Zn-H₂O pada 25°. Pelarutlesapan bagi Zn bermula dengan pepejal ZnO. Garisan bagi evolusi O₂ dan H₂ bertindih pada gambarajah ini.

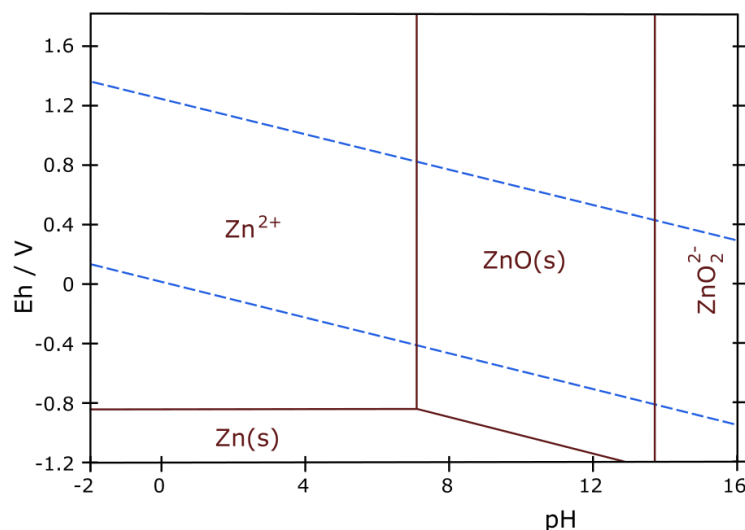


Figure 1: Eh – pH diagram for the Zn-H₂O system at 25°.

Rajah 1: Gambar rajah Eh – pH bagi sistem Zn-H₂O pada 25°.

- (i). The Eh – pH diagram shows, Zn can dissolve in two different conditions. Explain and write the equations involved.

Gambar rajah Eh – pH menunjukkan, Zn boleh larut dalam dua keadaan. Terangkan dan tuliskan persamaan - persamaan yang terlibat.

(3 marks/markah)

...5/-

- (ii). In which region is the zinc oxide stable? Explain.

Dalam bahagian manakah zink oksida ini stabil? Terangkan.

(2 marks/markah)

- (iii). What can you conclude on the efficiency of leaching of Zn from zinc oxide? Explain.

Apakah kesimpulan anda terhadap kecekapan pelarutlesapan Zn dari zink oksida ini? Terangkan.

(2 marks/markah)

- (b). Explain the use and importance of interpretation of thermodynamic data and Eh-pH diagram.

Terangkan kegunaan dan kepentingan tafsiran data termodinamik dan gambar rajah Eh-pH.

(3 marks/markah)

- (c). Consider, an organic solvent of volume, V_o , in equilibrium with a volume of an aqueous phase, V_{aq} containing the metal-rich aqueous phase. The solvent RH interacts with the divalent metal ion, M^{2+} .

Pertimbangkan, satu pelarut organik dengan isipadu, V_o , berada dalam keseimbangan dengan satu isipadu fasa akuas, V_{aq} , yang diperkaya dengan ion logam. Pelarut RH berinteraksi dengan ion logam dwivalen, M^{2+} .

- (i). Write the equilibrium equation between the organic solvent and the metal ion.

Tuliskan persamaan keseimbangan antara pelarut organik dan ion logam.

(2 marks/markah)

- (ii). Write an expression for K or the coefficient distribution.

Tuliskan ungkapan bagi K atau pekali taburan.

(2 marks/markah)

- (iii). Define distribution ratio, D and what is the fraction of metal extracted into the organic phase?

Takrifkan nisbah taburan, D dan apakah pecahan logam yang teresktrak ke dalam fasa organik.

(3 marks/markah)

- (iv). What is the effect of pH on the extraction and stripping in the solvent extraction?

Apakah kesan pH ke atas proses pengekstrakan dan perlucutan dalam pengekstrakan pelarut ini?

(3 marks/markah)

- (3). (a). Cementation is widely used in the industry for metal recovery, particularly for copper. Briefly describe the most successful industrial system for copper recovery using cementation. Include the reaction involved.

Pensimenan digunakan secara meluas dalam industri untuk perolehan logam, terutamanya untuk tembaga. Terangkan secara ringkas sistem perindustrian yang paling berjaya untuk perolehanan tembaga dengan menggunakan penyimenan. Sertakan tindak balas yang terlibat.

(5 marks/markah)

- (b). Calculate the amount of Cu deposited from a solution at 90% current efficiency at a cathode current density of 215.28 Ampere per square meter for 1 hour. The cathode is 0.6096 meter by 0.9144 meter.

Kira jumlah tembaga yang diendapkan daripada larutan pada kecekapan arus 90% pada ketumpatan arus katod 215.28 Ampere setiap kaki persegi selama 1 jam. Saiz katod adalah 0.6096 meter x 0.9144 meter.

(5 marks/markah)

- (c). An experiment was conducted using a laboratory cell to demonstrate electrowinning of silver (atomic weight = 108 g mol⁻¹). The cell contained 60 gL⁻¹ silver nitrate solution, at a temperature of 17°C and 750 mm pressure. The cathode and anode are made of platinum. After 3.5 hours, 4.2 g of silver was deposited. With the cell potential being 2.2V, current density of 200 A m⁻² and electrode surface of 30 cm², calculate the current efficiency for this experiment.

Satu eksperimen telah dijalankan menggunakan satu sel makmal untuk menunjukkan perolehan perak (berat atom = 108 g mol⁻¹). Sel ini mengandungi 60 g L⁻¹ larutan argentum nitrat, pada suhu 17°C. Katod dan anod diperbuat daripada platinum. Selepas 3.5 jam, sebanyak 4.2 g silver diendapkan. Dengan keupayaan sel 2.2 V, ketumpatan arus 200 A m⁻² dan permukaan elektrod 30 cm², kirakan kecekapan arus bagi eksperimen ini.

(10 marks/markah)

PART B/ BAHAGIAN B

(4). (a). Figure 2 below shows the effect rate of reaction on degree of agitation.

Rajah 2 menunjukkan kesan kadar tindak balas terhadap tahap pengadukan.

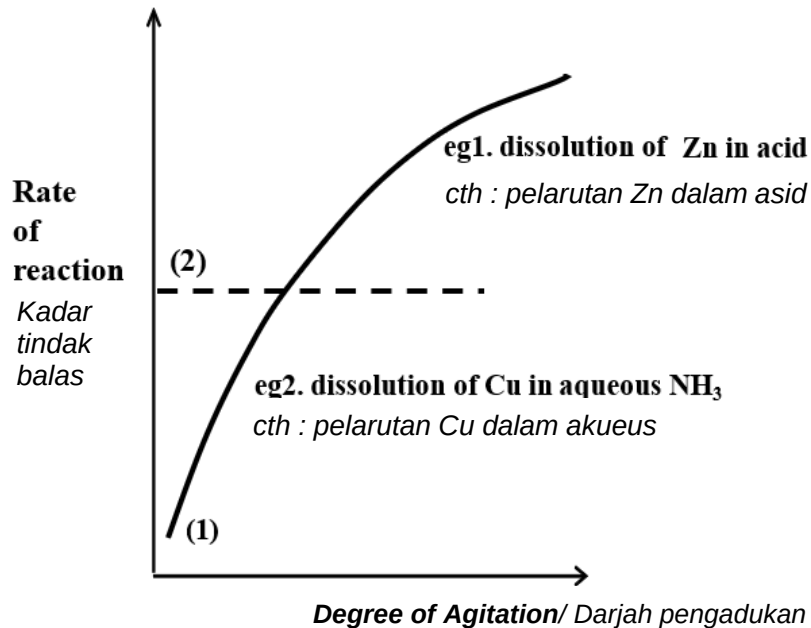


Figure 2: Degree of the agitation rate for Cu and Zn dissolution.

Rajah 2: Kadar darjah pengadukan untuk pelarutan Cu dan Zn.

- (i). Based on Figure 2, describe the rate controlling step for the reaction mechanism of Cu and Zn dissolution.

Berdasarkan Rajah 2, huraikan langkah kadar kawalan bagi mekanisme tindak balas pelarutan Cu dan Zn.

(4 marks/markah)

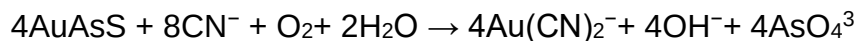
- (ii). Why does the rate of reaction plateau (at line 2) at higher agitation levels for the dissolution of Zn?

Mengapa kadar tindak balas mendatar (pada garis 2) pada tahap pengadukan yang tinggi untuk pelarutan Zn?

(4 marks/markah)

- (b). Gold sulfide minerals, such as arsenopyrite, are commonly leached in cyanide solutions. The dissolution reaction can be represented as:

Mineral sulfida emas, seperti arsenopirit, biasanya dilarutkan dalam larutan sianida. Tindak balas pelarutan boleh diwakili sebagai :



The data in Table 1 were obtained in a batch leach experiment of 200g of finely ground gold sulfide minerals at 20°C using a 0.1 M cyanide solution with oxygen bubbling.

Data dalam Jadual 1 diperolehi dalam eksperimen larut lesap kelompok bagi 200g mineral sulfida yang dikisar halus pada 20°C dengan menggunakan larutan sianida 0.1 M dengan gelembung oksigen.

Table 1: Leaching data for finely ground gold sulfide minerals at 20°C using a 0.1 M cyanide solution with oxygen bubbling.

Jadual 1: Data larut lesap untuk mineral sulfida emas yang dikisar halus pada 20°C menggunakan larutan sianida 0.1 M dengan gelembung oksigen.

Time (Sec) <i>Masa (saat)</i>	Fraction Gold Dissolved <i>Pecahan emas dilarutkan</i>
120	0.25
250	0.33
380	0.44
480	0.48
620	0.55
800	0.65
1100	0.78
1500	0.91

- (i). Demonstrate graphically that the data is consistent with a process controlled by chemically controlled.

Tunjukkan secara grafik bahawa data adalah konsisten dengan proses yang dikawal oleh kawalan kimia

(8 marks/markah)

- (ii). Suggest experiments that could help increase the leaching rate or efficiency of the process.

Cadangkan eksperimen yang boleh membantu meningkatkan kadar pelarutlesapan atau kecekapan proses.

(4 marks/markah)

...11/-

- (5). (a). Sketch and explain the following arrangement of a three-stage reactors in a leaching operation:

Lakar dan terangkan susunan reaktor tiga-peringkat dalam satu operasi pelarutlesapan berikut:

- (i). Co-current leaching operation.
Operasi pelarutlesapan arus selari.
- (ii). Counter-current leaching operation.
Operasi pelarutlesapan berlawanan arus.

(8 marks/markah)

- (b). A plant in Kelantan leaches a feed consisting of 1500 metric tpd oxide flotation concentrate (20 % Ni), 150 metric tpd roaster calcines (48% Ni) and 130 metric tpd nickel-cobalt ores (10%). The plant brings into solution 380 metric tonne Ni/day. The leachant is spent electrolyte carrying 62 kg/m³ H₂SO₄ and 30 kg/m³ nickel. The pregnant solution from leach carries 7 kg/m³ H₂SO₄ and 55 kg/m³ nickel.

Sebuah loji larut lesap di Kelantan yang terdiri daripada 1500 metrik tpd oksida pekat pengapungan (20% Ni), 150 metrik tpd kalsin pembakar (48% Ni) dan 130 metrik tpd bijih nikel-kobalt. Kilang itu menghasilkan larutan sebanyak 380 tan metrik Ni/hari. Bahan larut lesap digunakan sebagai elektrolit yang membawa 62 kg/m³ H₂SO₄ dan 30 kg/m³ nikel. Larutan pregnan daripada larut lesap membawa 7 kg/m³ H₂SO₄ dan 55 kg/m³ nikel.

- (i). Calculate the efficiency of extraction
Kirakan kecekapan pengekstrakan

(4 marks/markah)

...12/-

- (ii). Volume leach solution per day
Isipadu larutan larut lesap setiap hari

(4 marks/markah)

- (iii). Pulp density in the reactors
Ketumpatan pulpa dalam reactor

(4 marks/markah)

- (6). (a). Carbon in Pulp (CIP) is a carbon adsorption process for extracting metal such as gold (Au) and silver (Ag). State three essential stages involve in the CIP process. With the aid of a diagram, show and label the CIP process flow sheet.

Karbon di dalam pulpa (CIP) adalah proses penjerapan untuk pengekstrakan logam seperti emas (Au) dan perak (Ag). Nyatakan tiga peringkat utama yang terlibat di dalam proses CIP. Dengan bantuan gambar rajah, tunjuk dan labelkan carta alir proses CIP.

(6 marks/markah)

- (b). Briefly explain how these factors (i - iv) affect the adsorption process in CIP and CIL:

Terangkan secara ringkas bagaimana faktor-faktor berikut (i - iv) boleh mempengaruhi proses penjerapan di dalam CIP dan CIL.

- (i). Carbon type
Jenis karbon

- (ii). Carbon particle size
Saiz partikel karbon

- (iii). Temperature
Suhu

...13/-

(iv). Gold concentration in solution

Kepekatan emas di dalam larutan

(4 marks/markah)

- (c). The following steady-state data was obtained from an operating gold plant using the carbon-in-pulp (CIP) process which treats 1000 t/d of an ore with a head grade of 4.01 g/t as slurry containing 45% solids at a pulp density of 1.40 t/m³. All tanks are of the same nominal size.

Data keadaan mantap berikut diperolehi dari satu operasi loji emas menggunakan proses karbon-dalam-pulpa (CIP) yang merawat 1000 t/sehari suatu bijih, dengan gred 4.01 g/t sebagai buburan mengandungi 45% pepejal pada ketumpatan pulpa 1.40 t/m³. Kesemua tangki adalah dalam saiz nominal yang sama.

Table 2: Steady-state data from an operating gold plant using the carbon-in pulp (CIP) process.

Jadual 2: Data keadaan mantap daripada loji emas yang beroperasi menggunakan proses karbon dalam pulpa (CIP).

Tank/ Tangki	Solids/ Pepejal (g)	Assay/ Ceralunan, g/t	Carbon/ karbon (g)	Carbon/Karbon (g/L)
Feed	4.01	0.05	-	-
1	1.48	2.18	-	-
2	1.15	2.67	-	-
3	0.99	3.09	-	-
4	0.88	3.25	-	-
5	0.79	2.05	5352	9.5
6	0.69	1.56	3132	4.8
7	0.58	0.91	1644	8.6
8	0.45	0.51	870	6.5
9	0.36	0.28	526	7.4
10	0.27	0.09	348	12.5

...14/-

The regenerated carbon contains 150g/t of gold

Karbon yang dikitar semula mengandungi 150g/t emas

- (i). Estimate the flow-rate of carbon that is consistent with the time.

Anggarkan kadar alir karbon adalah konsisten dengan masa.

(5 marks/markah)

- (ii). Calculate the percentage of gold extracted by the carbon from the solution in each stage.

Kirakan peratus emas terekstrak oleh karbon dari larutan dalam setiap peringkat.

(5 marks/markah)

- (7). (a). Ion exchange resins are widely used in various processes for the removal or recovery of ions from solutions. Discuss the following properties of ion exchange resins and explain how each property affects their performance in industrial applications.

Resin penukar ion digunakan secara meluas dalam pelbagai proses untuk penyingkiran atau perolehan ion daripada larutan. Bincangkan sifat resin penukar ion berikut dan terangkan bagaimana setiap sifat mempengaruhi prestasinya dalam aplikasi industri.

- (i). Resin capacity

Kapasiti resin

- (ii). Resin selectivity

Kepemilihan resin

- (iii). Resin particle size

Size partikel resin

(6 marks/markah)

...15/-

- (b). State the five (5) steps involved in the ion exchange mechanism between the solution and the solid phase. Illustrate the mechanism with the aid of a diagram.

Nyatakan lima (5) langkah yang terlibat dalam mekanisma pertukaran ion antara larutan dan fasa pepejal. Ilustrasikan mekanisme dengan bantuan gambar rajah.

(5 marks/markah)

- (c). The following data was collected for the acid equilibrium loading of copper (II) onto a cation-exchange resin. The capacity of the resin was determined as 1.85 eq/l. The loading experiments were conducted with 100 ml of an aqueous solution containing 0.25 mol/l of nitric acid and various concentration in solution. Using this data, calculate the average selectivity coefficient for copper over the proton for this resin.

Data berikut diperolehi dari muatan keseimbangan bagi kuprum (II) ke atas resin penukar kation dalam bentuk asid. Kapasiti resin ditentukan sebagai 1.85 eq/l. Eksperimen muatan dijalankan dengan larutan akuas 100 ml yang mengandungi 0.25 mol/l asid nitrik dan pelbagai kepekatan dalam larutan. Kepekatan ini merujuk kepada kepekatan awal dan kepekatan pada keseimbangan dalam larutan. Menggunakan data ini, kirakan pekali pemilih purata bagi kuprum terhadap proton bagi resin

Table 3: Equilibrium loading of copper (II) onto cation-exchange resin
Jadual 3 : Muatan keseimbangan kuprum (II) ke atas resin penukar kation

Vol. Resin/ isipadu resin (ml)	100	100	100	50	25	10
[Cu ²⁺] ₀ g/l	0.5	1.0	5.0	5.0	5.0	5.0
[Cu ²⁺] _e g/l	0.0062	0.014	0.165	0.36	0.83	2.15

(9 marks/markah)

...16/-

SULIT

1A 1 H 1.00794 Hydrogen	2A 4 Be 9.012182 Beryllium	3A 5 B 10.811 Boron	4A 6 C 12.0107 Carbon	5A 7 N 14.0067 Nitrogen	6A 8 O 15.9994 Oxygen	7A 9 F 18.9984032 Fluorine	8A 2 He 4.002602 Helium										
11 Na 22.989769 Sodium	12 Mg 24.3050 Magnesium	13 Al 26.9815386 Aluminum	14 Si 28.0855 Silicon	15 P 30.973762 Phosphorus	16 S 32.065 Sulfur	17 Cl 35.453 Chlorine	18 Ar 39.948 Argon										
19 K 39.0983 Potassium	20 Ca 40.078 Calcium	21 Sc 44.955912 Scandium	22 Ti 47.867 Titanium	23 V 50.9415 Vanadium	24 Cr 51.9961 Chromium	25 Mn 54.938045 Manganese	26 Fe 55.845 Iron	27 Co 58.933195 Cobalt	28 Ni 58.6934 Nickel	29 Cu 63.546 Copper	30 Zn 65.38 Zinc	31 Ga 69.723 Gallium	32 Ge 72.64 Germanium	33 As 74.92160 Arsenic	34 Se 78.96 Selenium	35 Br 79.904 Bromine	36 Kr 83.798 Krypton
37 Rb 85.4678 Rubidium	38 Sr 87.62 Strontium	39 Y 88.90585 Yttrium	40 Zr 91.224 Zirconium	41 Nb 92.90638 Niobium	42 Mo 95.96 Molybdenum	43 Tc [98] Technetium	44 Ru 101.07 Ruthenium	45 Rh 102.90550 Rhodium	46 Pd 106.42 Palladium	47 Ag 107.8682 Silver	48 Cd 112.411 Cadmium	49 In 114.818 Indium	50 Sn 118.710 Tin	51 Sb 121.760 Antimony	52 Te 127.60 Tellurium	53 I 126.90447 Iodine	54 Xe 131.293 Xenon
55 Cs 132.9054519 Cesium	56 Ba 137.327 Barium	57-71 Lanthanides	72 Hf 178.49 Hafnium	73 Ta 180.94788 Tantalum	74 W 183.84 Tungsten	75 Re 186.207 Rhenium	76 Os 190.23 Osmium	77 Ir 192.217 Iridium	78 Pt 195.084 Platinum	79 Au 196.966569 Gold	80 Hg 200.59 Mercury	81 Tl 204.3833 Thallium	82 Pb 207.2 Lead	83 Bi 208.98040 Bismuth	84 Po [209] Polonium	85 At [210] Astatine	86 Rn [222] Radon
87 Fr [223] Francium	88 Ra [226] Radium	89-103 Actinides	104 Rf [267] Rutherfordium	105 Db [268] Dubnium	106 Sg [271] Seaborgium	107 Bh [272] Bohrium	108 Hs [270] Hassium	109 Mt [276] Meitnerium	110 Ds [281] Darmstadtium	111 Rg [280] Roentgenium	112 Cn [285] Copernicium	113 Uut [284] Ununtrium	114 Fl [289] Flerovium	115 Uup [288] Ununpentium	116 Lv [293] Livermorium	117 Uus [294] Ununseptium	118 Uuo [294] Ununoctium

