الوحدة 06 : من المجهري إلى العياني

I/ المقادير المولية و كمية المادة

1- مفهوم المول mol و عدد أوقادرو N_A :

- المول هو كمية مادة قدرها $1\ mol$ تحتوي على العدد 6.023×10^{23} من الأفراد الكيميائية لهذه المادة ، و نفس هذا العدد يمثل عدد الأفراد الكيميائية الموجودة في $12g$ من الكربون ^{12}C

- نسمي العدد 6.023×10^{23} بعدد أفوقادرو و نرمز له بالرمز N_A

- نرمز لكمية المادة بالرمز n وحدتها المول mol

تذكير : كل دقيقة مجهرية (ميكروسكوبية) مكونة للمادة سواءا كانت جزيئا ، ذرة أو نظائرها : شاردة ، إلكترون أو نيترون ...

- توجد مواد مكونة من ذرات مثل صفيحة الحديد $Fe_{(S)}$

- توجد مواد مكونة من جزيئات مثل غاز ثنائي الأكسجين $O_{2(g)}$

- توجد مواد مكونة من شوارد محلول حمض كلور الماء $(H^+ + Cl^-)_{(aq)}$

2- الكتلة المولية الذرية لعنصر كيميائي : الكتلة المولية الذرية لعنصر كيميائي X التي يرمز لها بالرمز M و وحدتها g/mol ، هي كتلة $1\ mol$ من ذرات هذا العنصر أي كتلة عدد أفوقادرو N_A من ذرات العنصر

أ- بالنسبة لعنصر كيميائي ليس له نظائر :

عنصر كيميائي $^{A}_{Z}X$ تكون : $M(X) = A\ g/mol$

مثال : عنصر الكبريت ^{32}S تكون : $M(S) = 32\ g/mol$

ب- بالنسبة لعنصر كيميائي له نظائر : لدينا عنصر كيميائي X له نظيران حيث P_2 و P_1 هما نسبتا تواجد النظيران في الطبيعة $(P_1\%)\ ^{A2}_{Z}X_1$ ، $(P_2\%)\ ^{A1}_{Z}X_2$ لحساب الكتلة المولية الذرية للعنصر الكيميائي X نطبق القانون :

$$M(X) = \frac{(A_1 \times P_1) + (A_2 \times P_2)}{100}$$

مثال : عنصر النحاس في الحالة الطبيعية له نظيران $(69.1\ \%)\ ^{63}_{29}Cu$ و $(30.9\ \%)\ ^{65}_{29}Cu$

$$M(Cu) = \frac{(63 \times 69.1) + (65 \times 30.9)}{100} = 63.5\ g/mol$$

3- الكتلة المولية الجزيئية لنوع كيميائي : الكتلة المولية الجزيئية لنوع كيميائي هي كتلة $1\ mol$ من جزيئات هذا النوع الكيميائي يرمز لها بنفس الرمز M و لها نفس الوحدة g/mol

- و هي تساوي مجموع الكتل المولية للعناصر الكيميائية المكونة للنوع الكيميائي بحيث كل كتلة مضروبة في عدد ذرات كل عنصر موجود في جزيء هذا النوع الكيميائ

أمثلة :

$M(H_2O) = 2M(H) + M(O) = (2 \times 1) + (16) = 18\ g/mol$

$M(C_4H_{10}) = 4M(C) + 10M(H) = (4 \times 12) + (10 \times 1) = 58\ g/mol$

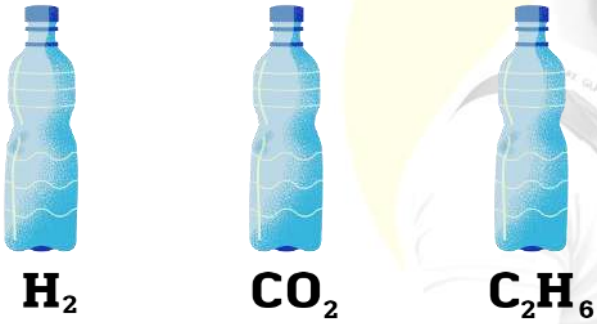
$M(Fe(OH)_2) = M(Fe) + 2M(O) + 2M(H) = (56) + (2 \times 32) + (2 \times 1) = 122\ g/mol$

4- الحجم المولي لغاز V_M : هو حجم $1\ mol$ من هذا الغاز في شرطين معينين من ضغط P و درجة حرارة T ، يرمز له بالرمز V_M و وحدته L/mol

- في الشرطين النظاميين ($T = 0\ ℃$ و $P = 1\ atm$) يكون الحجم المولي للغاز يساوي $V_M = 22.4\ L/mol$

5- قانون أفوقادرو-أمبير : نص القانون : " الحجوم المتساوية من مختلف الغازات و الخاضعة إلى شرطين متماثلين من ضغط P و درجة حرارة T تحتوي على نفس العدد من الأفراد الكيميائية أي لها نفس كمية المادة n "

مثال : لدينا ثلاث قارورات لها نفس الحجم و موجودة في نفس الشروط من ضغط P و درجة حرارة T



- تحتوي القارورات على الغازات التالية : غاز ثنائي أكسيد الكربون CO_2 ، ثنائي الهيدروجين H_2 ، غاز الإيثان C_2H_6

حسب قانون أفوقادرو-أمبير يكون للغازات الثلاث نفس كمية المادة :

$n(CO_2) = n(H_2) = n(C_2H_6)$

6- علاقة كمية المادة n (عدد المولات) بالمقادير الاخرى :

أ- علاقة كمية المادة n بالكتلة m :

- لحساب كمية المادة n المحتواة في كتلة معينة m لنوع كيميائي X نستعمل العلاقة : $n_X = \frac{m_X}{M(X)}$

مثال : نقوم بحساب كمية المادة الموجودة في $0.68\ g$ من النشادر NH_3

- أولا نحسب الكتلة المولية الجزيئية للنشادر علما أن : $M(N) = 14\frac{g}{mol}$ و $M(H) = 1\frac{g}{mol}$

$M(NH_3) = M(N) + 3M(H) = (14) + (3 \times 1) = 17\ g/mol$

- ثانيا نطبق العلاقة و نحسب كمية المادة : $n(NH_3) = \frac{0.68}{17} = 0.04\ mol$

أ- علاقة كمية المادة n بعدد الأفراد الكيميائية N لعينة :

$1\ mol$ لأي عينة من نوع كيميائي يحتوي على $N_A = 6.023 \times 10^{23}$ فرد كيميائي و لذلك من أجل حساب كمية المادة الموجودة في عدد معين من الأفراد الكيميائية N نستخدم العلاقة : $n_X = \frac{N}{N_A}$

مثال : نقوم بحساب كمية المادة في 3.28×10^{22} جزيء من الماء

- نطبق العلاقة مباشرة : $n(H_2O) = \frac{N}{N_A} = \frac{3.28 \times 10^{22}}{6.023 \times 10^{23}} = 5.44\ mol$

ج– علاقة كمية المادة n بحجم الغاز V_g :

حجم $1\ mol$ من أي غاز مساوي لقيمة V_M ، فلحساب كمية المادة في حجم معين من غاز نستعمل العلاقة : $n_X = \frac{V_g}{V_M}$

مثال : نقوم بحساب كمية المادة الموجودة في $15.70\ L$ من غاز ثنائي الأكسجين في الشرطين النظاميين

– أولا نعلم أنه في الشرطين النظاميين $V_M = 22.4\ L/mol$

– ثانيا نطبق العلاقة مباشرة : $n(O_2) = \frac{V_g}{V_M} = \frac{15.7}{22.4} = 0.687\ mol$

II/ الغاز المثالي

1– العوامل المؤثرة في غاز ، مفهوم الضغط ودرجة الحرارة المطلقة :

أ– العوامل المؤثرة في الغازات : الحالة الغازية هي حالة من حالات المادة ، وخضع الغاز لعدة عوامل حيث تغير أي عامل منها ينتج عنه تغير واحد أو أكثر من العوامل الأخرى

– كمية المادة n وحدتها mol

– الضغط P وحدته الباسكال Pa

– الحجم V وحدته m^3

– درجة الحرارة المطلقة T وحدتها الكلفن K

ب– مفهوم الضغط : ضغط غاز هو شدة القوة $\vec{F}$ بالنيوتن المطبقة على $1\ m^3$ من سطح جسم يلامس هذا الغاز $P = F/S$

– وحدة الضغط في جملة الوحدات الدولية هي الباسكال Pa

– وحدات أخرى للضغط :

البار bar : $1\ bar = 10^5 Pa$

الضغط الجوي atm : $1\ atm = 1.013 \times 10^5$

السنتيمتر الزئبقي $cmHg$ و الميليمتر الزئبقي $mmHg$: $1\ atm = 76\ cmHg = 760\ mmHg$

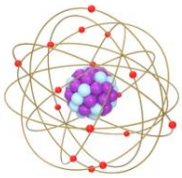
– يقاس الضغط بجهاز البارومتر الموضح في الصورة

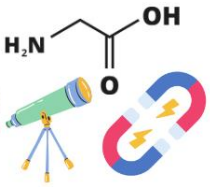
ج– درجة الحرارة المطلقة : اختار العالم كلفن الصفر المطلق في سلمه $(0°K)$ و الذي يقابل الدرجة $(-273°C)$ في السلم المئوي و العلاقة بين درجة الحرارة المئوية $(\theta°C)$ و درجة الحرارة المطلقة T التي وحدتها الكلفن $(°K)$ تكون كالتالي :

$$T(°K) = \theta(°C) + 273$$

1– مفهوم الغاز المثالي و قانونه : هو غاز جزيئاته متماثلة و بعيدة عن بعضها البعض و التأثيرات بينها معدومة باستثناء التصادمات التي ينتج عنها فقدان للطاقة

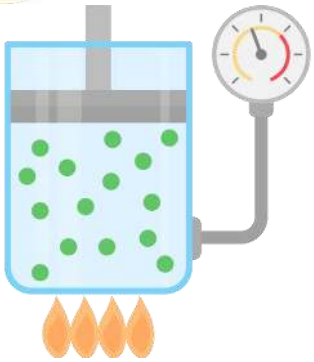
و هو غاز وهمي ولا يشبه الغاز الحقيقي ولكن قد تتصرف الغازات الحقيقة مثل الغاز المثالي عند ضغوط ضعيفة جدا أو درجات حرارة عالية جدا





مدرسة الفجر للغات تبسة
-شارع هواري بومدين-
0.37.50.69.13

– قانون الغاز المثالي : $P.V = n.R.T$



n : كمية المادة وحدتها mol

P : الضغط وحدته الباسكال Pa

V : الحجم وحدته m^3

T : درجة الحرارة المطلقة وحدتها الكلفن K

R : الثابت العام للغازات المثالية $R = 8.31\ SI$

– عبارة الحجم المولي V_M : في قانون الغازات المثالية نعوض كمية المادة ب : $n = 1\ mol$

فنجد عبارة الحجم المولي V_M في شرطين كيفيين من ضغط و درجة حرارة : $V_M = \frac{R.T}{P}$

III/ الكتلة الحجمية و الكثافة

1– الكتلة الحجمية لنوع كيميائي سائل ، صلب أو غازي :

– يرمز للكتلة الحجمية لنوع كيميائي بالرمز ρ و هي حاصل قسمة كتلة عينة m من هذا النوع الكيميائي على حجمها V تقدر بعدة وحدات نذكر منها : g/L ، Kg/m^3 ، g/cm^3 ... و نكتب : $\rho = \frac{m}{V}$

2–كثافة جسم صلب أو سائل :

– نرمز لكثافة نوع كيميائي X صلب أو سائل بالنسبة للماء بالرمز d و هي حاصل قسمة الكتلة الحجمية لهذا النوع الكيميائي على الكتلة الحجمية للماء H_2O ، ليس للكثافة وحدة و نكتب : $d = \frac{\rho_X}{\rho_{H_2O}}$

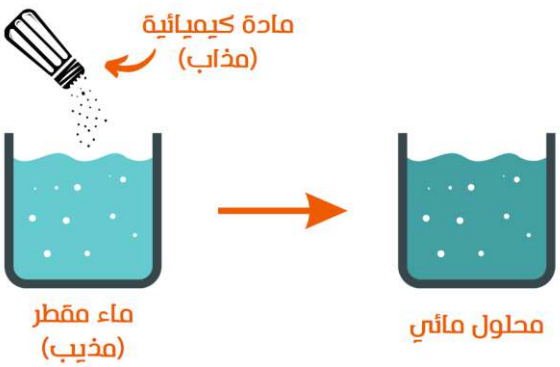
3– كثافة غاز :

– تقاس كثافة الغازات بالنسبة للهواء وهي حاصل قسمة الكتلة الحجمية للغاز على الكتلة الحجمية للهواء ونكتب : $d = \frac{\rho_{gaz}}{\rho_{air}}$

– و في الشرطين النظاميين تكون : $d = \frac{M_{gaz}}{29}$

IV/ التركيز المولي و التركيز الكتلي

1– المحلول المائي و التركيز المولي : نحصل على محلول مائي بإذابة كمية من نوع كيميائي X (مذاب) في حجم معين من الماء المقطر (مذيب)



–ملاحظة : حجم المحلول الناتج يساوي حجم المذيب حيث نهمل الزيادة في الحجم نتيجة الانحلال

– للمحلول المائي الناتج مقدار فيزيائي يميزه يسمى التركيز المولي نرمز له بالرمز C و وحدته المول على اللتر mol/L و نعبر عنه بالعلاقة :

$$C = \frac{n_X}{V}$$

n_X : كمية مادة النوع الكيميائي المنحلة

V : حجم المذيب (الماء المقطر)

2- التركيز الكتلي للمحلول المائي : نرمز له بالرمز C_m ، وحدته الغرام على اللتر g/L و هو حاصل قسمة كتلة عينة النوع الكيميائي المنحلة على حجم المحلول (حجم المذيب) و نكتب :

$$C_m = \frac{m_X}{V}$$

m_X : كتلة عينة النوع الكيميائي المنحلة

3- العلاقة بين التركيز المولي C و التركيز الكتلي C_m : نعبر عن العلاقة بين المقدارين بالعلاقة التالية :

$$C = \frac{C_m}{M}$$

M : الكتلة المولية الجزيئية للنوع الكيميائي المنحل

ملاحظة مهمة جدا : عندما نأخذ عينة من محلول مائي S تركيزه المولي C_1 يكون التركيز المولي للعينة التي أخذناها هو نفسه التركيز المولي للمحلول S أي C_1

V/ تمديد (تخفيف) محلول

- تمديد أو تخفيف محلول تركيزه المولي C_0 هي عملية إضافة الماء المقطر له للحصول على محلول جديد تركيزه المولي C_1 يكون أقل من تركيز المحلول الأصلي أي : $C_1 < C_0$

- بعد عملية التمديد لا تتغير كمية مادة النوع الكيميائي المنحل و نكتب : $n_0 = n_1$

و منه نستنتج العلاقة التي تسمى قانون التمديد : $C_0 . V_0 = C_1 . V_1$

- **معامل التمديد f :** تمديد محلول f مرة يعني إضافة الماء المقطر له حتى يصبح حجمه يساوي f ضعف من الحجم الإبتدائي.

- لدينا :

V_0 : حجم المحلول الأصلي

V_1 : حجم المحلول الناتج (الممدد أو المخفف) حيث : $V_1 > V_0$

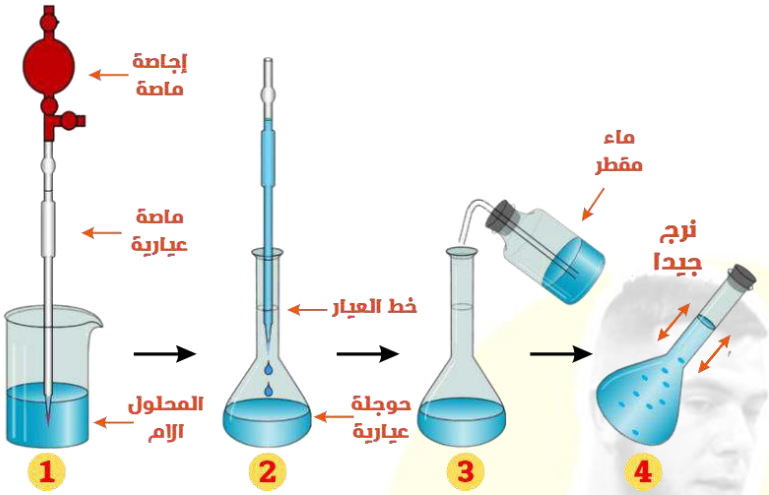
C_0 : تركيز المحلول الأصلي

C_1 : تركيز المحلول الممدد حيث : $C_0 > C_1$

و تكون علاقة معامل التمديد كاتالي : $f = \frac{C_0}{C_1} = \frac{V_1}{V_0} > 1$

– **البروتوكول التجريبي لتخفيف محلول :** نريد تحضير محلول حجمه $V_1 = 100\ mL$ و تركيزه $C_1 = 0.01\ mol.l^{-1}$ انطلاقا من محلول $(Na^+ + Cl^-)_{(aq)}$ تركيزه $C_0 = 0.1\ mol.l^{-1}$

الخطوات :



– نحسب الحجم الواجب أخذه : $C_0.V_0 = C_1.V_1$

و منه : $V_0 = \frac{C_1.V_1}{C_0} = \frac{0.01\times100}{0.1} = 10\ mL$

1– بواسطة ماصة عيارية مزودة بإجاصة نأخذ حجما V_0 من المحلول الأصلي S_0

2– نسكب الحجم V_0 في حوجلة عيارية سعتها $V_1 = 100\ mL$ بها قليل من الماء المقطر

3– نضيف الماء المقطر في الحوجلة إلى غاية خط العيار

4– نسد الحوجلة بسدادة ثن نرج جيدا قصد الحصول على محلول متجانس

VI/ المحاليل غير النقية و التجارية

1– **النسبة الكتلية لمحلول (درجة النقاوة) :** المواد الكيميائية التجارية تكون غير نقية كليا بل تحتوي على مواد أخرى و لكن بنسب ضئيلة ، لذا تتميز هذه المواد بمقدار يسمى درجة النقاوة P و تمثل حاصل قسمة كتلة المادة النقية m على كتلة المادة التجارية (الشائبة) m_0 و نكتب :

$$P(\%) = \frac{m_0}{m}.100$$

2– **قانون حساب التركيز المولي لمحلول تجاري :** عندما نحصل على محلول مائي S_0 نتبيجة إذابة كتلة من نوع كيميائي X ، فإن هذا المحلول يمتاز بمقدار يدعى النسبة الكتلية P وله أيضا تركيز مولي و كتلي و النسبة الكتلية تمثل كتلة النوع الكيميائي X المنحلة في $100\ g$ من المحلول S_0

– من تعريف النسبة الكتلية نكتب :

$$\begin{cases} 100\ g\ (S_0) \rightarrow P(\%)\ (CuSO_4) \\ m(S_0)\ g \rightarrow m(CuSO_4)\ g \end{cases}$$

و منه يكون : $P(\%) = \frac{m(CuSO_4)}{m(S_0)}.100$

– من قانون الكتلة الحجمية نجد : $\rho(S_0) = \frac{m(S_0)}{V_S} \rightarrow m(S_0) = \rho(S_0).V_S$

– من قانون التركيز الكتلي : $C_m = \frac{m(CuSO_4)}{V_S} \rightarrow m(CuSO_4) = C_m.V_S$

– بالتعويض يكون : $P(\%) = \frac{C_m.V_S}{\rho(S_0).V_S}.100 \rightarrow P(\%) = \frac{100.C_m}{\rho(S_0)}$

– لدينا : $C_m = M.C_0$

علما أن $\rho(H_2O) = 1000\ g/L$

يكون: $d = \frac{\rho(S_0)}{\rho(H_2O)} \rightarrow \rho(S_0) = d.\rho(H_2O) = d.1000 \rightarrow \rho(S_0) = 1000.d$

و منه : $P(\%) = \frac{100.M.C_0}{1000.d}$

و منه يكون القانون كالتالي : $C_0 = \frac{10.d.P(\%)}{M}$

مثال تطبيقي : لدينا قارورة لمحلول كبريتات النحاس $CuSO_{4(aq)}$ تحمل المعلومات التالية :

$M = 159.5\ g/mol \quad / \quad d = 2.2 \quad / \quad P = 17\ (\%)$

– احسب التركيز المولي لهذا المحلول :

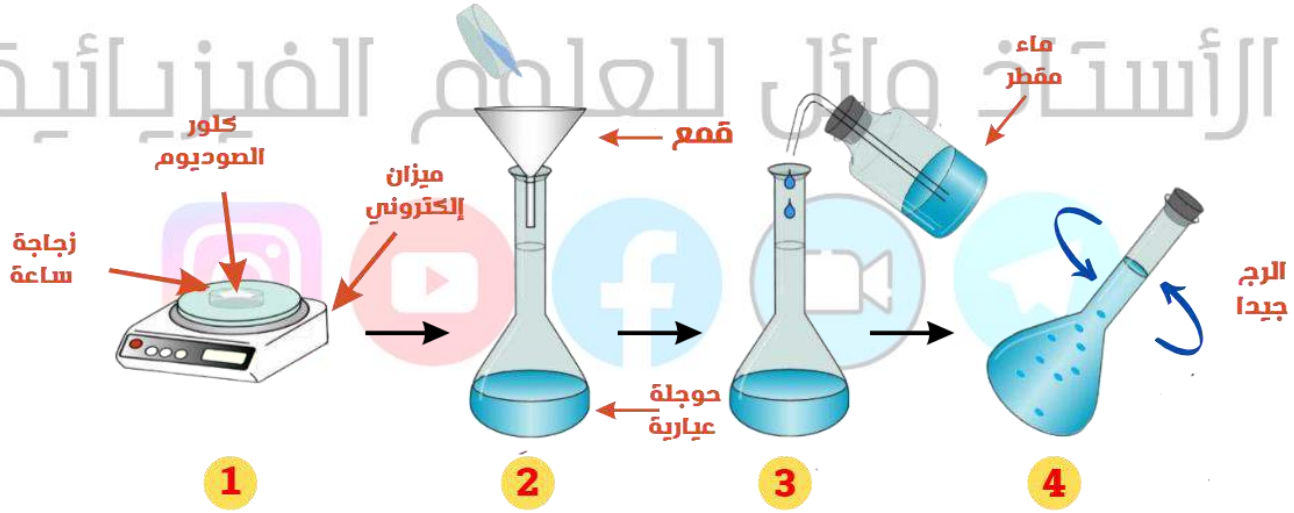
الحل : بتطبيق العلاقة السابقة :

$$C_0 = \frac{10.d.P(\%)}{M} \rightarrow C_0 = \frac{10 \times 2.2 \times 17}{159.5} = 2.34\ mol/L$$

VII/ بروتوكولات تجريبية لتحضير المحاليل

1/ تحضير محلول انطلاقا من مادة صلبة

– نريد تحضير محلول حجمه $V = 100\ mL$ و تركيزه $C = 0.1\ mol.l^{-1}$ انطلاق من كلور الصوديوم $NaCl_{(S)}$ كتلته المولية $M = 58.5\ g.mol^{-1}$



– نحسب الكتلة الواجب استعمالها : $m = C.V.M = 0.1 \times 0.1 \times 58.5 = 0.585\ g$

1– بواسطة ميزان إلكتروني نقوم بوزن الكتلة m

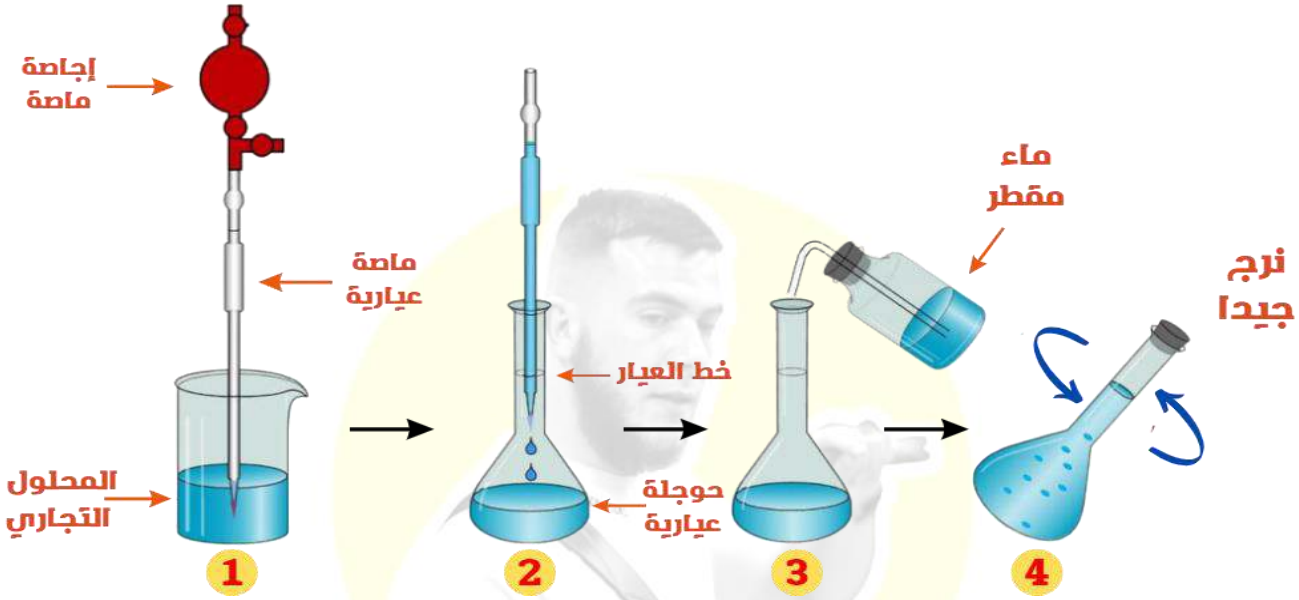
2– نفرغ محتوى زجاجة ساعة بواسطة قمع في حوجلة عيارية سعتها $V = 100\ mL$ بها قليل من الماء المقطر

3– نضيف الماء المقطر في الحوجلة إلى خط العيار

4– نسد الحوجلة بسدادة ثم نرج جيدا قصد الحصول على محلول متجانس

2/ تحضير محلول انطلاقا من محلول تجاري مركز

– نريد تحضير محلول حجمه $V = 100\ mL$ و تركيزه $C = 0.2\ mol.l^{-1}$ انطلاقا من محلول تجاري لحمض كلور الهيدروجين $(H^+ + Cl^-)_{(aq)}$ درجة نقاوته $P = 34\%$ ، كثافته $d = 1.16$ و كتلته المولية الجزيئية $M = 36.5\ g/mol$



– نحسب تركيز المحلول التجاري : $C_0 = \frac{10.d.P}{M} = \frac{10\times34\times1.16}{36.5} = 10.81\ mol.l^{-1}$

– نحسب الحجم الواجب أخذه : $V_0 = \frac{C_1.V_1}{C_0} = \frac{0.2\times100}{10.81} = 1.85\ mL$

1– بواسطة ماصة عيارية نأخذ حجما V_0 من المحلول التجاري

2– نسكب الحجم V_0 في حوجلة عيارية سعتها $V = 100\ mL$ بها قليل من الماء المقطر

3– نضيف الماء المقطر في الحوجلة حتى خط العيار

4– نسد الحوجلة بسدادة ثم نرج جيدا قصد الحصول على محلول متجانس

الأستاذ وائل للعلوم الفيزيائية