(7-9) التصنيف Classification

ألتصنيف مصطلح يستعمل دائماً عند إجراء عمليات فصل او ترتيب الحبيبات أو الجزيئات المعدنية باستخدام السرعة عند وضع هذه الحبيبات في محيط مائع. ويكون الماء أو الهواء هو المائع المستخدم في اغلب الحالات وفي بعض الحالات يتم استخدام سائل ذو كثافة معينة في عزل دقائق المعادن. إذا تم وضع مجموعة مختلفة الحجم من الحبيبات المعدنية تعود الى نفس المعدن في سائل ذو لزوجة معينة وتم تحريكه لفترة زمنية محددة ثم تركت هذه الجزيئات لتركد تلقائياً نلاحظ إن الجزيئات الكبيرة تسقط وتتحرك نحو الاسفل بسرعة اكبر من الجزيئات الصغيرة لتسقط أولا في قاع الإناء. تعتمد سرعة سقوط الجزيئة المعدنية في السائل على عدة قوى تؤثر فيها ومن هذه القوى هي وزن الحبيبة الساقطة، مقدار الفقدان في الوزن (نتيجة غمرها في السائل) وكذلك مقاومة السائل وهي أهم عامل يؤثر في هذه العملية حيث ان لها علاقة مباشرة مع سرعة سقوط ألجزيئه المعدنية.

حركة ألجزيئه في السائل بهذه الحالة تعتمد على أهم ثلاث خواص وهي:-

1- **<u>قوة الجاذبية (G):</u>**- أو التعجيل الأرضي، هذه القوة تعمل على سحب الجزيئات المعدنية الى الاسفل وتعتمد على وزن ألجزيئه (الحجم والكثافة).

2- **<u>قوة الدفع الى الاعلى (U):</u>**- وهي القوة اتي تمثل قوة الطفو نحو الأعلى باتجاه سطح السائل والتي تعتمد على حجم الجزيئات المعدنية وكثافة السائل.

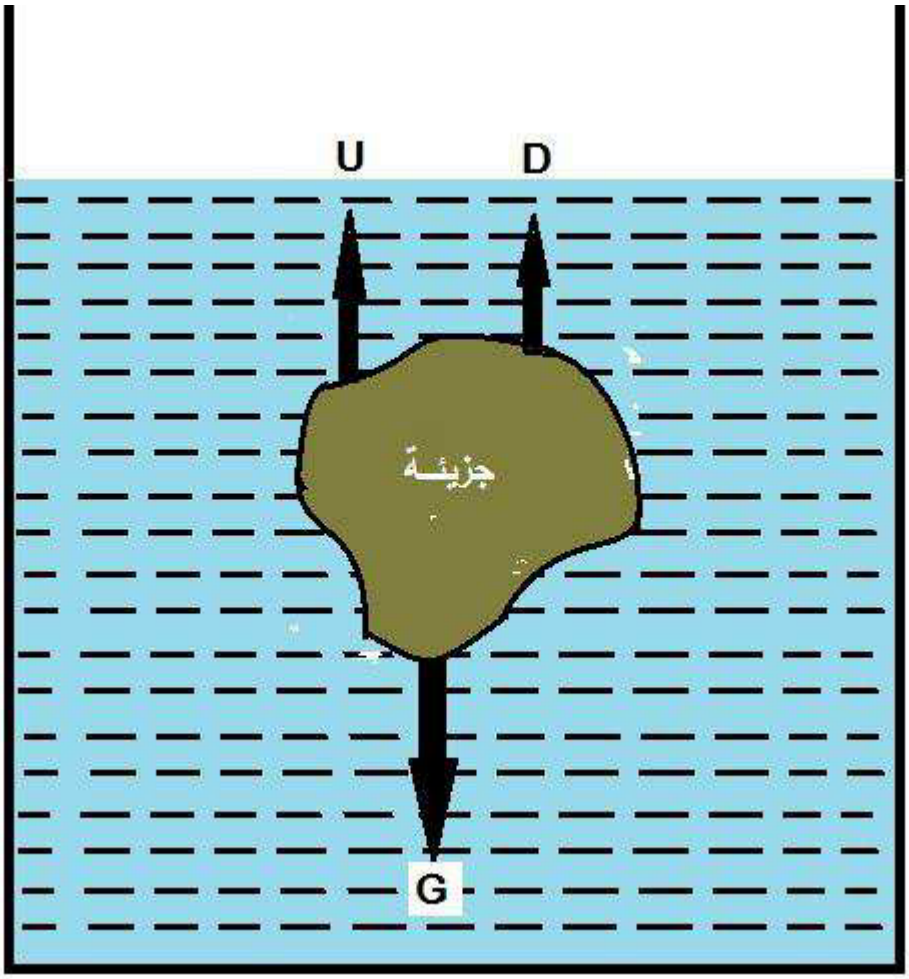
3- **<u>لزوجة السائل (D):</u>**- وهي عبارة عن مقاومة السائل لحركة الجزيئات وتعتمد على شكل الجزيئات المعدنية، لزوجة السائل، وكذلك سرعة الحركة للجزيئات داخل السائل.

ألقوى الثلاثة هذه التي تؤثر على حركة الجزيئات داخل السائل تقع جميعاً على خط مستقيم لذلك فان محصلة هذه القوى تساوي:-

$$F = G - U - D$$

كما في الشكل (7-10)

لنفترض انه لو تم وضع جزيئه ومعدنية داخل السائل ووصلت بعدة فترة زمنية معينة الى حالة الاستقرار، وان السائل عديم الحركة ووصل الى حد السكون عندئذ تكون قوة دفع اللزوجة للسائل نحو الأعلى تساوي صفر ($D = 0$) وبذلك فان ألجزيئه المعدنية سوف لا يتأثر توازنها بفعل قوة اللزوجة وتبقى عالقة في مكانها في حالة استقرار. عند إزالة تأثير قوة دفع اللزوجة للسائل نحو الأعلى فسوف تكون محصلة قوى توازن ألجزيئه هي ($G - U$) وتكون قوة الجاذبية في سحب ألجزيئه الى الاسفل اكبر من قوة الطفو إلى الأعلى وبذلك فان ألجزيئه تميل الى الحركة والاستقرار نحو الاسفل.



شكل رقم (10-7) يمثل القوى المؤثرة على حركة الجزيئة في السوائل

عندما تتحرك ألجزيئه المعدنية يؤدي ذلك الى تفعيل قوة اللزوجة نحو الأعلى، كلما زادت سرعة ألجزيئه نحو الاسفل تزداد معها قوة اللزوجة (D) نحو الأعلى، وفي النهاية تصل سرعة ألجزيئه الى الصفر وتستقر عندما تكون G – U = D وهكذا تبدأ ألجزيئه بنفس العملية مرة ثانية وتعاد نفس الحركة وتستمر بالهبوط على شكل مراحل وبسرعة ثابتة الى أن تستقر في قاع الإناء، هذه السرعة تسمى Terminal Velocity أي السرعة المرحلية.

سرعة هبوط الجزيئات او السرعة المرحلية Terminal Velocity تعتمد بصورة أساسية على وزن الحبيبات المعدنية (الحجم والشكل) وبما إن الحبيبات المعدنية تحتوي على أشكال وأحجام مختلفة تتراوح من (300 – 10) مايكروميليمتر، لذلك لا يمكن الوصول الى حالة توازن داخل السائل وتكون الجزيئات في حالة اضطراب إما صعوداً أو نزولاً داخل وعاء السوائل وكلما كان حجم الحبيبات كبير كلما كانت السرعة المرحلية كبيرة وبذلك تكون سرعة هبوط الجزيئات نحو الاسفل كبير.

من خلال تطبيق القانون السابق على التصنيف باستخدام الحجم الحبيبي يمكن ان نستنتج الملاحظات التالية:-

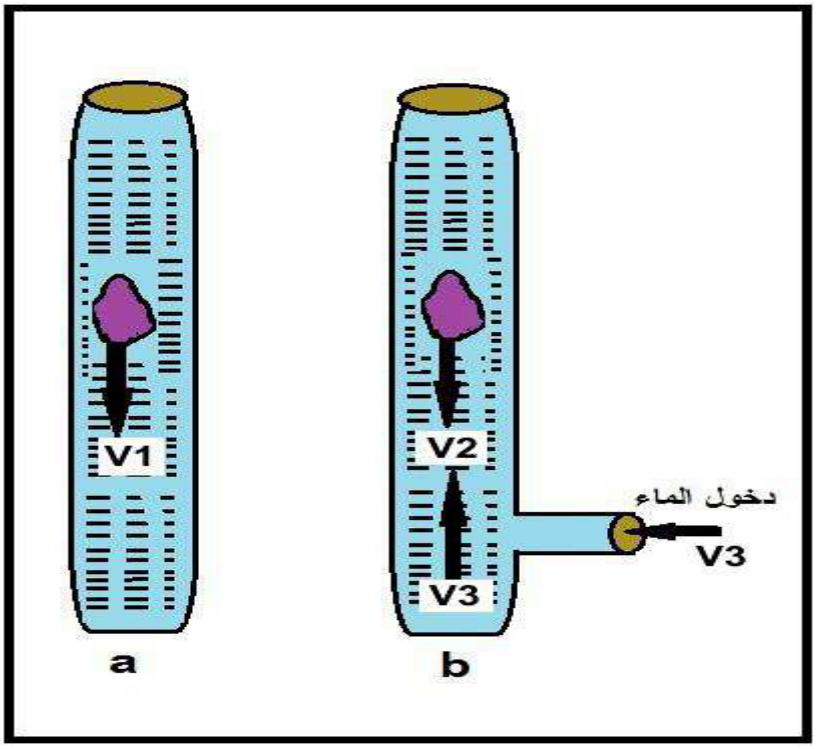
1- في حالة تساوي كثافات الحبيبات المعدنية فان الحبيبة الكبيرة تترسب أسرع من الحبيبة ذات القطر الصغير.

2- في حالة تساوي أقطار الحبيبات المعدنية فان الحبيبات التي تمتلك كثافة عالة تسقط أسرع من الحبيبات ذات الكثافة القليلة.

3- في حالة تساوي كل من الكثافة والحجم للحبيبات المعدنية فان الحبيبات ذات الأشكال المنتظمة تسقط أسرع من الحبيبات ذات الأشكال غير المنتظمة.

يمكن الاستفادة من هذه الخاصية في عمليات المعالجة والفصل المعدني وهي في حالة وجود مختلف أنواع الكتل والحجوم والأشكال للجزيئات أو الحبيبات المعدنية داخل السوائل والتي تعطي مختلف السرع المرحلية وذلك بإمكانية فصل الجزيئات المعدنية عن المكونات الأخرى داخل السائل حسب الحجم الحبيبي لها. عملية الفصل بهذه الطريقة يجب ان تكون مستمرة وبدون انقطاع لغرض انجاز عملية فصل حبيبي كفوء.

لمزيد من الاستيعاب ولغرض توضيح طبيعة عمل طريقة الفصل باستخدام السوائل، لنفترض ان لدينا عمود من الماء في أنبوب زجاجي، وضعت فيه جزيئه معدنية كما في الشكل (11-7-a) هذه ألجزيئه سوف تستقر في قعر الأنبوب المائي بسرعة مرحلية قدرها (V_1) بعد مرور فترةزمنية معينة. لنفترض انه لو تم عمل فتحة في أسفل الأنبوب الزجاجي لغرض

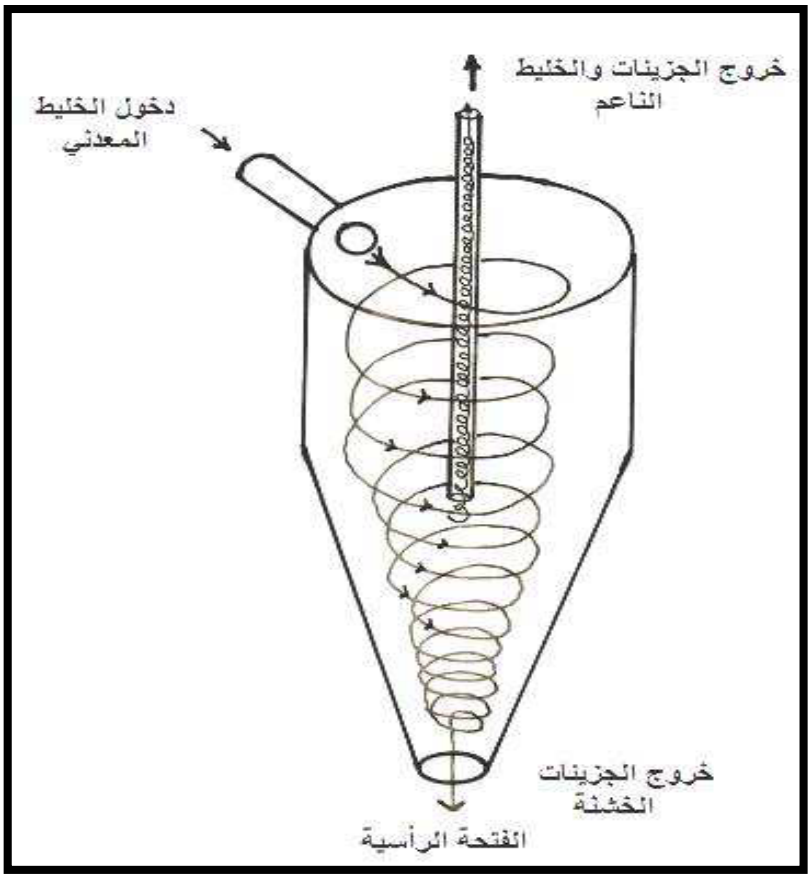


شكل رقم (11-7) حركة الجزيئات داخل وسط مائي

دخول الماء بسرعة معينة نحو الأنبوب (شكل 11-7-b) ليعمل على إجراء حركة للماء نحو الأعلى داخل عمود الماء بسرعة قدرها (V_2). ألجزيئه المعدنية سوف تستقر نحو أسفل الأنبوب بعد مرور فترة زمنية اطول وبسرعة قدرها ($V_1 - V_2$). في حالة إذا تم ضبط سرعة مرور الماء من أسفل الأنبوب

إلى الأعلى لتساوي $V_1=V_2$ بهذه الحالة سوف يحصل توازن سرعي داخل العمود المائي وتبقى ألجزيئه المعدنية عالقة تتأرجح مكانها، أما إذا تم زيادة سرعة الماء من الفتحة بسرعة اكبر من (V_1) عندما يتم حمل وطفو ألجزيئه المعدنية نحو الأعلى وتخرج مع الماء نحو الخارج Over flow في حالة لو وضع جزيئتين من الحبيبات المعدنية داخل العمود المائي مختلفة في الحجم أو الكثافة حيث يكون لكل منهما سرعة مرحلية مختلفة عن الأخرى وتم ضخ الماء من أسفل العمود المائي نحو الأعلى بسرعة معينة وثابتة قدرها (V_3) فان ألجزيئه المعدنية الخفيفة التي لها سرعة مرحلية اقل من السرعة (V_3) سوف تطفو الى الأعلى أما ألجزيئه التي لها سرعة مرحلية اكبر من (V_3) تسوف تغطس وتستقر نحو الاسفل، بهذه الحالة تم استخدام الماء في تصنيف الجزيئات المعدنية بعضها عن البعض الآخر وعن المواد الغثة والعقيمة.

الطريقة الحديثة المستخدمة في تصنيف الجزيئات المعدنية هي استخدام السايكلون (Cyclone) ألمصنف الإعصاري والذي هو عبارة عن خزان قمعي اسطواني يحتوي على فتحة عليا لدخول الجزيئات المعدنية مع فتاتيات الصخور، وفتحة لخروج الجزيئات المعدنية لوحدها من الاسفل كما في الشكل (12-7)،إذ يتم ضخ الخليط المعدني من فتحة الدخول الموجودة في أعلى قمع السايكلون بسرعة محددة وضغط معين تعمل على تكوين وخلق حركة دورانية مركزية داخل السايكلون، الجزيئات المعدنية الكبيرة الحجم تميل لتتحرك نحو الخارج بفعل القوة الطاردة العمركزية مع جدار السايكلون، أما الحبيبات الخفيفة والسائل الخليط يتمركز في وسط الدوامة داخل السايكلون.



شكل رقم (12-7) فصل الجزيئات المعدنية بواسطة المصنف الاعصاري (السايكلون)

الجزيئات الكبيرة والثقيلة تتحرك نحو أسفل السايكلون بحركة حلزونية دورانية وتخرج من فتحة رأس السايكلون يتم سحبها وإفراغها من أعلى القمح نحو الخارج. تعتبر هذه الطريقة كفوءة وعملية وسريعة في فصل الجزيئات المعدنية عن المواد الغثة والعقيمة. يعتبر السايكلون (ألمصنف الإعصاري) من أهم المصنفات المستخدمة، ولها تطبيقات واسعة ومختلفة مثل فصل المواد الصلبة عن السائلة (تبعاً لأحجامها وكثافتها) وفصل السوائل غير المتمازجة وكذلك فصل الغازات عن السوائل ...الخ عند دخول الخام أو الخليط المعدني من أعلى فتحة السايكلون تحت ضغط عالي سوف يكتسب الخام أو الخليط المعدني الحركة العمركزية ويكون على شكل إعصار وهذه الحركة تؤدي الى توليد دوامة في جسم الإعصار ومع وجود منطقة ضغط واطئة على طول المحور العمودي مما يولد لباً من الهواء يربط بالخارج بالفتحة الرأسية ويتولد اللب بصورة جزئية من فقاعات الهواء المتأنية في المحلول في منطقة الضغط الواطئ. تزيد قوة الطرد المركزي من معدل استقرار الدقائق وبذلك تفصل هذه الدقائق تبعاً للحجم والكثافة، حيث تنجرف الجزيئات الكبيرة الحجم والسريعة الاستقرار نحو جدار الإعصار حيث توجد منطقة مستقرة وبالتالي تترسب او تسقط تحت تأثير وزنها (الجذب الأرضي) نحو قمة الإعصار في قعر السايكلون أما الحبيبات ذات الاستقرارية البطيئة سوف تتحرك نحو منطقة الضغط الواطئ على طول المحور وتحمل مع الفائض خلال موجة الدوامة، لذلك سيتكون نطاق خارجي للجريان السفلي ونطاق داخلي للجريان العلوي في داخل دوامة الإعصار. لقد حلت مصنفات الإعصار (السايكلون) في كثير من دوائر الطحن المعدنية محل المصنفات الأخرى إذ إنها أكثر كفاءة وسهلة الاستخدام ولا تحتاج الى صيانة دورية قليلة الكلفة التشغيلية وتستخدم بصورة خاصة في مجال الحجم الدقيق الذي يتراوح بين (50-5) ميكرون.

(7–10) الفصل المعدني Mineral Separation

إن الطريقة المثالية في عملية فصل أي معدنين واحد عن الأخر هو البحث عن الاختلافات في الخصائص والمميزات التي يمتلكها كل معدن، وبالتالي إمكانية استخدام وتوظيف هذه الخصائص في عمليات الفصل المعدني باستخدام الأسلوب أو الطريقة المناسبة التي تستجيب لها كل من هذه المميزات والخصائص المعدنية. إذا كانت الفروقات في المميزات بين المعادن المتواجدة في الصخور كبيرة ذلك يكون من السهل استخدام طريقة بسيطة في المعالجة وفصل هذه المعادن أما إذا كانت الفروقات متقاربة عندئذٍ يجب استخدام وسائل وطرق أخرى ربما تكون معقدة أو الاستعانة بالأجهزة والمعدات لغرض إجراء عمليات الفصل المعدني. الجدول رقم (1-7) يوضح بعض الخصائص المعدنية للمعادن الخامات التي يمكن الاعتماد عليها في العمليات الفصل المعدني.

معظم لترسبات المعدنية المتواجدة في الطبيعة تحتوي على خليط من مختلف أنواع المعادن التي تمتلك مميزات وخصائص متباينة ومختلفة، هذا المدى الواسع في الاختلاف يؤدي إلى تعقيد في عمليات الفصل المعدني وبذلك تحتاج معالجة من هذا نوع من أعمال الفصل المعدني إلى سلسلة من العمليات ومراحل المعالجة المتتابعة لانجاز فصل معدني كفوء ومناسب.

جدول رقم (1–7) بعض الخصائص المعدنية

	Properties الخاصية	Typical Range مدى الخاصية found in Minerals	الاختلافات المطلوبة لتواجدها بين المعادن لانجاز عمليات الفصل
	Density الكثافة كغم / م^3	1400 – 22000	
1-	الحساسية المغناطيسية Magnetic susceptibility	1 – 1000	فرق الكثافة من 100 - 200
2-	السطح الكهربائي Electrical Surface	10^{-6} – 10^{-12}	100
3-			10^{-3}
4-	التوصيلية conductivity S/m^{-2}		
5-	الصلابة Hardness	1 – 10	لا يستخدم مباشرة
6-	الانعكاس البصري (%) Optical Reflectivity	5 – 80	15
7-	الإشعاعية أو النشاط الإشعاعي Radioactivity mc / kg	10 – 10000	1000
8-	التوصيل الحراري $Jm^{-1}K^{-1}S^{-1}$ Thermal conductivity	1 – 1500	1000
9-	اللون color	كل الألوان اختلافات كثيرة	اختلافات بسيطة
10-	التفاعل الكيميائي Chemical reactivity		اختلافات بسيطة

الفصل المعدني الذي يعتمد على الخصائص الفيزيائية للمعادن تعطي كفاءة فصل واستخلاص معدني جيدة جدا اذا ما تم تحرير المكونات المعدنية من المواد الرابطة والعقيمة. في حالة عدم إمكانية تحرير المعادن بصورة جيدة يجب اللجوء الى استخدام إحدى الطرق الفيزيائية في إجراء عملية تركيز للمكونات المعدنية ثم بعدها يتم إجراء عملية الفصل المعدني.

لغرض انجاز عملية فصل معدني جيد وكفوء من الضروري إجراء دراسة تحديد الخصائص والمميزات والصفات لكافة المكونات المعدنية الموجودة في الصخور ثم بعد ذلك يتم تحديد أو انتقاء إحدى الصفات التي تمتلك اختلافات كبيرة بين المعادن والتي يمكن ان تستجيب الى طريقة الفصل والاستخلاص بكل دقة وكفاءة والتي يفضل ان تعتمد في المسار أو التصميم العملي خلال وضع خطط ومراحل عمليات المعالجة. في حالة عدم وجود اختلافات ظاهرة ومعروفة بين المعادن يمكن استخدامها مباشرة في عمليات الفصل المعدني، عندئذ يجب اللجوء الى استخدام وسائل وطرق غير مباشرة في التعامل مع بعض الخصائص المعدنية لخلق أو إيجاد فروقات وصفات جديدة يمكن أن تستخدم في عمليات الفصل المعدني، مثال على ذلك ان معدن الكوارتز (SiO_2) ومعدن الجالكوبايرايت ($CufeS_2$) في حالة تعرضها لفقاعة الهواء في الماء عندما تكون موجودة معاً في وسط مائي يتم اختيار خاصية التميع (Hydrophilic) الموجودة في معدن الجالكوبايرايت حيث يكتسي معدن الجالكوبايرايت بغطاء هوائي مضاد او مقاوم للماء وبذلك سوف يطفو الى الأعلى في الخزان بينما يبقى معدن الكوارتز غير متأثر بهذه الظروف. معدن الكوارتز (SiO_2) ومعدن الهيماتايت (Fe_2O_3) معادن غير مغناطيسية ولا يمكن فصلهما باستخدام الطريقة المغناطيسية وهي في حالتها الطبيعية، بينما عند إجراء عملية تسخين او تحميص (Roasted) في ظروف اختزالية لهذين المعدنين عندها سوف يتغير معدن الهيماتايت (Fe_2O_3) الى معدن الماكنيتايت (Fe_3O_4) عالي المغناطيسية، وبذلك يمكن فصلهما باستخدام الطريقة المغناطيسية.

ألاختلافات بين الجزيئات المعدنية في الخصائص الميكانيكية، الفيزيائية، والحجمية تكون مفضلة في الاستخدام عن الخصائص الكيماوية بسبب ان عمليات الفصل الكيمياوي تكون غالبا مكلفة اقتصادية. ان طرق الفصل الكيميائي تعتبر طرق كفوءة عندما تعتمد في حالة الجزيئات عالية النعومة او عند معاملة ومعالجة خليط من المكونات المعدنية خاصة عندما يتم طحن الجزيئات المعدنية الى مواد ناعمة جدا حيث يتم تحرير وفك ارتباط الجزيئات المعدنية وتعريضها الى التفاعلات الكيميائية.