الجمل المبعثرة الصيدلانية

الجمل المبعثرة :

هي جمل معقدة وقليلة الاستقرار لأنها مؤلفة من طورين أحدهما لا ينحل في الأخر ، وهي تتألف من:

1. المادة الموزعة :

الطور المبعثَر phase disperse =الطور الداخلي phase interne = غير المستمر phase discontinue (المنقطع)

2. السواغ الحامل :

الطور المبعثِر Phase dispersante =الطور الخارجي phase externe = الطور المستمر phase continue

ملاحظة : في المحلول يكون الطور الداخلي منحل بالطور الخارجي (محلول متجانس) وقد نستخدم كلمة تبعثر في وصف المحلول ولكن بشرط أن تكون (الذرات أو الجزيئات أو الشوارد) منحلة

مثل : السكروز (هو سكر ثنائي تتألف كل جزيئة سكاروز من الفركتوز والغلوكوز) فعند حل السكاروز في الماء تنفصل جزيئة الفركتوز عن جزيئة الغلوكوز وتنحل كل منهما على حدا .

اشكال [أنماط] الجمل المبعثرة :

يمثل الجدول التالي بعض الجمل المبعثرة مصنفة بناءاً على الخواص الفيزيائية للطور الداخلي والخارجي

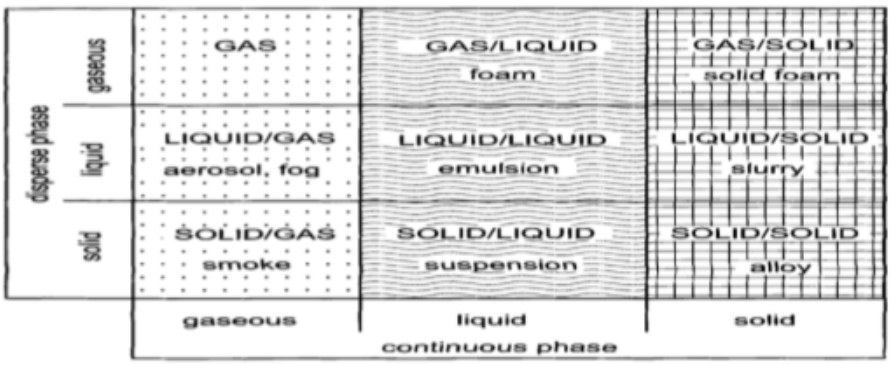
Table 1 Classification Scheme of Disperse Systems on the Basis of the Physical State of the Dispersed Phase and the Dispersion Medium

	Dispersion medium		
Dispersed phase	Solid	Liquid	Gas
Solid	Solid suspension (zinc oxide paste, toothpaste)	Suspension (tetracycline oral suspension USP, bentonite magma NF)	Solid aerosol (epinephrine bitartrate inhalation aerosol USP)
Liquid	Solid emulsion (hydrophilic petrolatum USP)	Emulsion (mineral oil emulsion USP)	Liquid aerosol (nasal sprays, fog)
Gas	Solid foam (foamed plastics)	Foam (rectal and topical foams)	None

Pharmaceuticals and other examples are given in brackets.
Abbreviations: USP, United States Pharmacopoeia.

في جميع الجمل المبعثرة : الطور الداخلي يميل دوماً ليكون شكله قريب من الكروي وذلك ليأخذ أصغر مساحة سطح / إضافة إلى أنه غير منحل بالطور المستمر الخارجي (مبعثر وغير منحل)

الطور المبعثر [الداخلي]	الطور المبعثر [الخارجي]		
	صلب	سائل	غاز
صلب	المعاجين (أوكسيد الزنك) ومعاجين الأسنان قوام المعجون نصف صلب	معلقات Suspension	1)حلالات هوائية صلبة (ضبوبات مرضى الربو عبارة عن .... مساحيق صلبة في سائل 2) الغبار في الهواء
سائل	سائل عطري مثلاً مبعثر في صلب مثل (الشمع والطين)	مستحلبات Emulsion (سائل في سائل آخر لا ينحل فيه)	حلالات هوائية سائلة (ضبوبات الربو – البخاخات المطبقة بالإرذاذ" على المزروعات / العطورات بالجو
غاز	الفلين (بوليستيرين) تحتوي مسامات عديدة مملوءة بالهواء لذلك هي خفيفة الوزن	الرغوة Foam	قلما يتبعثر غاز في غاز (لايوجد)



نلاحظ من الشكل التالي بعض أنماط الجمل المبعثرة

ملاحظة هامة: يكون وسط التبعثر مائياً بالنسبة لمعظم المستحضرات الفموية التي تكون بشكل جمل مبعثرة وذلك لسهولة استخدام الماء وقابليته للامتزاج مع السوائل الحيويَة، إضافةً إلى لزوجته المنخفضة نسبياً (1 سانتي بواز) والتي تساعد في تحضير الجمل الصيدلانيَة المبعثرة.

Table 1.3. Some typical colloidal systems (from reference [4]).

Examples	Class	Disperse phase	Continuous phase
Disperse systems			
fog, spray, vapor, tobacco smoke, aerosol sprays, flue gases	liquid or solid aerosols	liquid or solid	gas
milk, butter, mayonnaise, asphalt, cosmetic creams	emulsions	liquid	liquid
inorganic colloids (gold, silver iodide, sulfur, metallic hydroxides)	sols or colloidal suspensions	solid	liquid
clay, mud, toothpaste	slurry	solid	liquid
opal, pearls, colored glass, pigmented plastics	solid dispersions	solid	solid
foam	liquid foams	gas	liquid
meerschaum mineral, foamed plastics	solid foams	gas	solid
Macromolecular colloids			
jelly, glue	gel	macromolecules	solvent
Association colloids			
soap/water, detergent/water	—	micelles	solvent
Biocolloids			
blood	—	cells	serum
Triphasic colloidal systems			
oil-bearing rocks	porous stone	oil	water/stone
mineral flotation	mineral	water	air
double emulsions	—	aqueous phase	water

أمثلة إضافية عن الجمل المبعثرة :

- الكريم **cream** : عبارة عن مستحلب له قوام نصف صلب .
- المايونيز : عبارة عن مستحلب ، والعامل الإستحلابي فيه (الفاعل على السطح) الليسيثين في صفار البيض بياض البيض .
- الزبدة : عبارة عن مستحلب ، بالحرارة نلاحظ تشكل فقاعات لأن الوسط المستمر فيها هو الماء .
- الزجاج الملون : عبارة عن قطع صلبة ملونة مبعثرة في طور صلب .
- الدخان : عبارة عن صلب مبعثَر في غاز ، وصغر أبعاد الجسيمات الصلبة وحركتها البراونية ((سيتم شرحها لاحقاً)) تفسر انتشاره وتبعثره للأعلى بعكس ما يمكن توقعه من إتباع الجاذبية الأرضية نحو الأسفل .

- المعجون Paste : هو عبارة عن مبعثر من نمط صلب في صلب ، يحوي كمية كبيرة من المساحيق ، قوامه نصف صلب .
- الخلائط المعدنية Alloy / هاام / : هي عبارة عن مبعثرات لها خواص ميكانيكية لا توجد في المعادن النقية ، وتتبعثر جزيئات المعادن بشكل فوق جزيئي
- الدم : يمكن أن يعرف كـ نسيج خلوي مائي تتبعثر فيه العضويات الحية (الكريات الحمراء ☺ والبيضاء ...) له القدرة على المرور ضمن الشعيرات الدموية الدقيقة جداً بفضل لزوجته المنخفضة نسبياً
- الضباب : هي عبارة عن جمل مبعثرة (بخار سائل عالق بالهواء) .

سندرس من الجمل المعثرة ثلاثة أنماط :

1) المعلق Suspension :

هي عبارة عن أجزاء صلبة غير منحلة مبعثرة في وسط سائل بشكل غير منحل ، وقد تعرف في بعض المراجع على أنها مبعثرات خشنة (لأن أبعاد الطور الداخلي كبيرة) .

مثل : الدم فهو معلق ومبعثر مائي "الوسط المستمر فيه هو الماء"

ملاحظة هامة : للدم لزوجة مثالية = (4 سانتي بواز) ملائمة لقوة القلب ومرونة الشرايين والأوردة ومروره عبر الشعريات الدموية الدقيقة .
واهمية الماء في الدم تكمن في :
تحقيق أخفض لزوجة للدم (حيث ان لزوجة الماء = 1سانتي بواز) / و لأن الماء مزوج مع السوائل الحيوية لذلك يكثر إستخدامه في الأشكال الصيدلانية كافة . .

❖ **تقسم المواد المبعثرة حسب حبها أو كرهها للوسط المبعثرة فيه إلى :**

♣ Lyophilic : عندما تكون المادة (الطور الداخلي) محبة للوسط المتبعثرة به (الطور الخارجي)

♣ Lyophobic : عندما تكون المادة (الطور الداخلي) كارهه للوسط المتبعثرة به (الطور الخارجي)

وفي حال إعتبار الوسط المبعثِر هو الماء :

♣ Hydrophilic : مادة محبه للماء

♣ Hydrophobic : مادة كارهة للماء

حيث لا يشترط عندما تكون المادة محبة للوسط المبعثرة فيه أن تنحل به

فمثلاً : معدن كربونات المغنزيوم معدن غير منحل بالماء ولكنه محب للماء / وكذلك الأمر بالنسبة لكلور الفضة فهو غير منحل بالماء أبداً لكنه محب للماء .

فإذا كانت المادة كارهه للوسط المتواجده فيه يكون على الغالب ثبات الجملة قليل ولكي تكون الجملة المبعثرة أكثر ثباتاً يفضل أن تكون المادة محبة للوسط الذي تتبعثر فيه.

2) المستحلبات Emulsion:

عبارة عن قطيرات لسائل مبعثرة ضمن سائل آخر غير مزوج معه "سائل ضمن سائل لا ينحل فيه " .

أنماط المستحلبات :

- ☺ **زيت في ماء (ز/م) :** يكون الطور الخارجي (المبعثِر) هو الماء والطور الداخلي (المبعثَر) هو الزيت
- ☺ **ماء في زيت (م/ز) :** يكون الطور الخارجي (المبعثِر) هو الزيت والطور الداخلي (المبعثَر) هو الماء

مثل : الحليب .. الحليب متوازن في كل مكوناته (السكريات / الدسم / البروتينات ...) ولكن الصفة الأساسية للحليب أنه مستحلب مكون من طورين أحدهما لا ينحل في الأخر (من الجمل المعقدة) بالتالي يجب أن يتواجد عامل فاعل على السطح (عامل إستحلابي) مثل الليستين الذي يعمل على خفض التوتر السطحي بين الزيت والماء ، فهو من نمط زيت في ماء حيث أن الوسط الخارجي (المستمر ، المبعثِر) فيه هو الماء والطور الداخلي (المنقطع ، المبعثَر) فيه هو الزيت "ويكون بالشكل الكروي ليأخذ أصغر مساحة سطح ممكنة "

دلالة ان الحليب مستحلب من نمط زيت في ماء :

- بما ان الطور المستمر في الحليب هو الماء فيمكن ان يمدد الحليب بالماء (وهنا تكمن الية الغش في بيع الحليب ☹)
- تسهل ازالة بقع الحليب بالماء (عند تنظيفه ☺)

في تحضير المستحلبات يتطلب إضافة عامل إستحلابي (خافض للتوتر السطحي ، عامل مبعثِر) له طرفان طرف محب للماء الأخر كاره للماء بحيث تكون مهمته تسهيل بعثرة أحد

الطورين في الأخر إذ يتوضع على سطح التماس بينهما ، لأن الكراهية بين الزيت والماء تابعة للتوتر السطحي مما قد يؤدي لإنفصالهما مع الزمن .

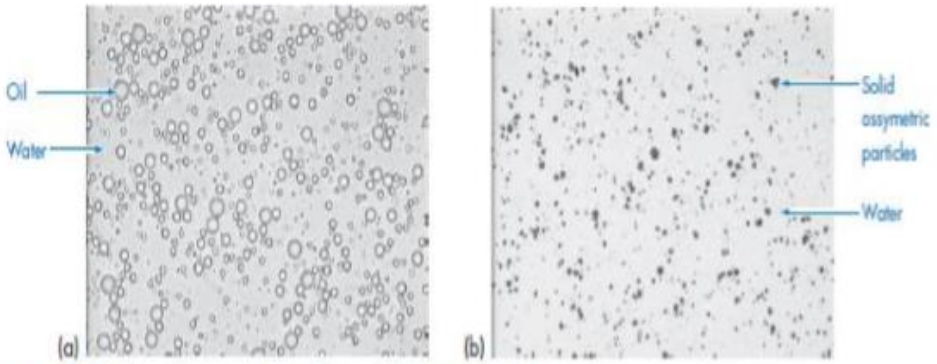


Figure 7.1 Photomicrographs of (a) an oil-in-water emulsion and (b) a suspension.

صورة مجهرية توضح الفرق بين المعلقات والمستحلبات ، حيث تمثل (a) مستحلب زيت في ماء و تمثل (b) معلقا

3) الضبوبات (الحلالات الهوائية) Aerosol:

هي عبارة عن أشكال صيدلانية لها نمط تبعثر صلب في غاز (كأدوية الربو أو الغبار المعلق بالهواء) أو يكون تبعثر سائل في غاز (كالعطر مثلاً) فتكون المادة الدوائية منحلة في الغاز المضغوط ضمن العبوة ثم تتبعثر عندما يتحرر الغاز من العبوة .

تصنيف الجمل المبعثرة:

Table 2 Classification Scheme of Disperse Systems on the Basis of the Particle Size of the Dispersed Phase

Category	Range of particle size	Characteristics	Examples
Molecular dispersion	<1.0 nm	Particles invisible by electron microscopy; pass through semipermeable membranes; generally rapid diffusion	Oxygen molecules, potassium and chloride ions dissolved in water
Colloidal dispersion	1.0 nm–1.0 μm	Particles not resolved by ordinary microscope but visible by electron microscopy; pass through filter paper but not through semipermeable membranes; generally slow diffusion	Colloidal silver sols, surfactant micelles in an aqueous phase, latexes and pseudolatexes
Coarse dispersion	>1.0 μm	Particles visible by ordinary microscopy; do not pass through normal filter paper or semipermeable membranes	Pharmaceutical emulsions and suspensions

1. **التبعثر الجزيئي Molecular dispersion :** هي عبارة عن جزيئات أو شوارد يكون نطاق أبعادها أقل من 1nm ، وهي غير مرئية حتى بالمجهر الإلكتروني ، تمر عبر الغشاء نصف النفوذ ، لها انتشار سريع Rapid diffusion .

مثل : جزيئات الاكسجين ، وشوارد البوتاسيوم والكلور .

2. **التبعثر الغرويدي Colloidal dispersion / هالم/ :** هي عبارة عن تجمع فوق جزيئي تتراوح أبعادها بين (1.0nm_1.0μm)

حيث $1nm=10^{-9}\ m$ ، $1\mu m=10^{-6}\ m$ ⟸ فيكون $1\mu m = 1000nm$

وهي مرئية بالمجاهر الالكترونية ، تمر عبر ورقة الترشيح (غشاء نفوذ) لكنها لا تمر عبر الغشاء نصف النفوذ ، وتكون غالبا ذات انتشار بطيء

مثل : المذيلات السطحية في الطور المائي Micelles

مالفرق بين المذيلة والمستحلب !!

المذيلة : هي عبارة عن العامل الإستحلابي يتجمع حول مادة كارهة للماء بقطبه الكارهه للماء والقطب المحب للماء يتجه نحو الماء ليشكل المذيلة

أما المستحلب : فهو عبارة عن زيت وماء يعمل العامل الإستحلابي على بعثرة أحدهما في الأخر عبر توضعه في نقطة التماس بينهما

أهم مايميز هذا النمط هو الحركة البراونية : وهي حركة ناتجة عن إصطدام جزيئات الطور المبعثر الداخلي بجزيئات الطور المبعثِر الخارجي فتنتشر الجزيئات في جميع الإتجاهات لأن الحرارة تحمل المادة الصلبة وتقوم ببعثرتها بشكل عشوائي بالإتجاهات كافة عبر ظاهرة الإنتشار Diffusion وليس Sedimentation (الترسيب). وهذه الحركة عشوائية.

مثال : الدخان (صلب في غاز) له نمط تبعثر غرويدي مما يفسر إنتشاره للأعلى (عكس الجاذبية الأرضية)

الأنماط الرئيسية للجمل المبعثرة الغرويدية الصيدلانية

Table 7.1 Main types of colloidal systems

Type	Disperse phase	Continuous phase
o/w emulsion	Oil	Water
w/o emulsion	Water	Oil
Suspension	Solid	Water or oil
Aerosol	Solid or liquid	Air

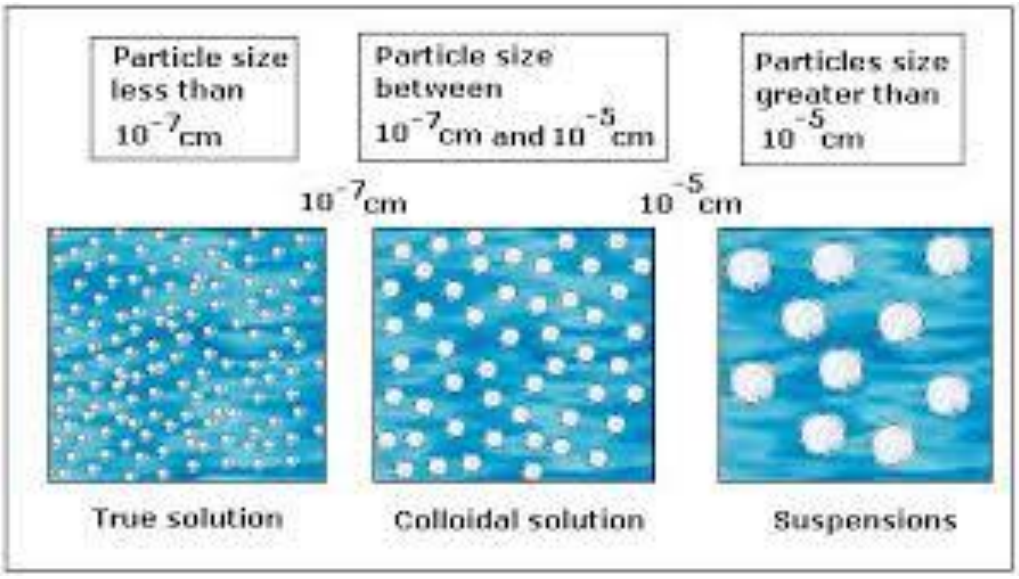
النمط	الطور الداخلي	الوسط الخارجي
مستحلب ز/م	زيت	ماء
مستحلب م/ز	ماء	زيت
معلق	صلب	ماء أو زيت
حلالات هوائية	سائل أو صلب	هواء

ملاحظات :

- الذرة لاترى بالمجاهر الإلكترونية ولكن يمكن رؤيتها عبر" Atomic force microscopic" مجهر القوى الذرية يمكننا من خلاله رؤية الذرة بشكل واضح.
- جلد الانسان هو غشاء نصف نفوذ وهذا يفيدنا عند تطبيق الادوية الموضعية.
- للرشاحة الورقية مسام أكبر من التي للغشاء نصف النفوذ

3. **التبعثر الخشن *coarse dispersion* :** الأبعاد تكون أكبر من 1μm ، الجزيئات مرئية بالمجاهر العادية ولا تمر عبر المراشح العادية أو الغشاء نصف النفوذ

مثل : المستحلبات ،المعلقات .


Particle size less than 10^{-7}cm
Particle size between 10^{-7}cm and 10^{-5}cm
Particles size greater than 10^{-5}cm
10^{-7}cm
10^{-5}cm
True solution
Colloidal solution
Suspensions

الإنسيابية Rheology

هو العلم الذي يعبر عن التدفق والجريان في السوائل ، وله أهمية واسعة ضمن الأشكال الصيدلانية ، وللإنسياب نمطان : إنسياب منتظم وغير منتظم

كلمة الـ Flowability تعبر عن قابلية الجريان للمساحيق أو الأجزاء الصلبة ، بينما تكون الـ Rheology معبره عن انسياب السوائل .

- إنسياب منتظم: السوائل النيوتونية
- إنسياب غير منتظم: السوائل اللا نيوتونية

انسياب السوائل :

من أهم خواص السوائل الانسياب وأخذ شكل الوعاء الذي يوضع فيه ، فعند صب ماء ضمن عبوه تفسر عملية انسياب الماء بإعتبار أن السائل طبقات لها مساحة سطح متساوية ، فوق بعضها البعض فعند انزياح طبقة من هذه الطبقات ستسحب الطبقة التي تليها بسبب الروابط التي تربط بينهم (الروابط الهدروجينية)

- **الطبقة العليا :** هي الأسرع وتبدأ السرعة بالإنخفاض تدريجياً من طبقة لأخرى حتى تنعدم السرعة عند الطبقة الأخيرة وتبدو ساكنة .
- **شرط القوة المطبقة :** تطبق القوة بشكل مماسي على السطح مثل قوة (الصب)

فالقوة المماسية : هي القوة التي تطبق على سطح السائل مثل قوة الصب أو الرج

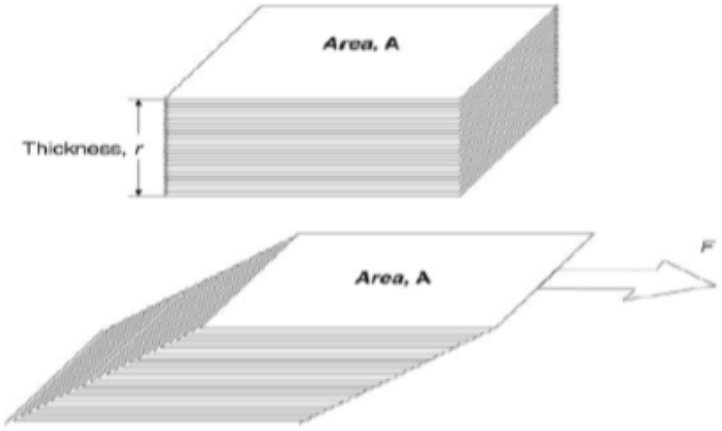


Figure 4 Model of a liquid material that is subjected to a shearing force. The liquid is assumed to consist of a series of parallel layers, the bottom layer being fixed.

اللزوجة Viscosity

اللزوجة هي مقاومة السائل للإنسياب (بحيث تكون القوة معاكسة ومعيقة لحركته)

دراسة اللزوجة مهمة للأشكال الصيدلانية المبعثرة وخاصةً الفموية ، حيث أن المقاومة في الأشكال الصيدلانية السائلة الكلاسيكية كالشرابات يكون له دور إيجابي في سهولة الصب وتحديد الجرعة المطلوبة ، لكن عندما تكون السوائل الحقنية ذات لزوجة عالية يكون تأثيرها سلبي . واحدة اللزوجة هي البواز أو السنتي بواز

ونميز للزوجة نوعان : ⟸ **لزوجة نسبية** ⟸ **لزوجة نوعية**

ملاحظات :

☺ الدم له لزوجة منخفضة إذا زادت هذه اللزوجة أدت إلى مقاومة الانسياب وبالتالي صعوبة في عملية دفع الدم من القلب ، وصعوبة وصوله إلى الشعيرات الدموية الدقيقة ، يفقد الدم خواصه الانسيابية مجرد خروجه من الأوعية الدموية ويتحول إلى خثرة

☺ الأدوية التي يكون لديها لزوجة منخفضة تنسكب بسرعة لذلك يجب أن يكون لها لزوجة معتدلة ليسهل السكب وخاصة المعطاة عن طريق الفم .

☺ يجب عدم حقن المواد مرتفعة اللزوجة ضمن الوريد لأنها يمكن أن تؤدي لصمة رئوية .

ومن خلال مفاهيم وقوانين نيوتن وآينيشتاين يمكن تفسير تأثير إنسيابية السائل الخاضع لتأثير اللزوجة وقوة الضغط ... حيث أن :

⟸ **س = سر / م**

معاملات اللزوجة: تفيد في التعرف على بعض الخصائص الإنسيابية للجمل المبعثرة

- **اللزوجة النسبية** = لزوجة الجملة المبعثرة /لزوجة الطور المستمر

- **اللزوجة النوعية** = زيادة لزوجة الجملة المبعثرة بالنسبة للزوجة الطور المستمر

حيث : س : تغير السرعة ، تناقص السرعة، سرعة الضغط

سر : سرعة اول طبقة م : المسافة

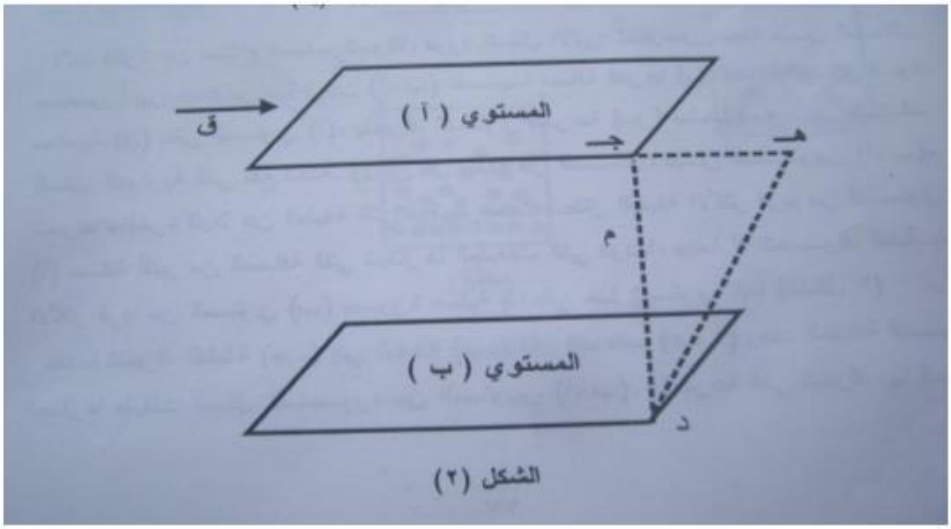
ملاحظة هامة : يرمز لتغير السرعة بين المستوى الأعلى (بين الطبقات) والمستوى الأقل بـ (س) _ حيث يتدرج التباطؤ إلى أن ينعدم _ وتكون واحدة تغير السرعة هي s^{-1} أو *Shear rate*

ض = لز × س

حيث : ض : قوة الضغط (القوة المماسية) ، لز: اللزوجة

وهنا نصل إلى **قانون نيوتن للإنسياب** لز = ض / س.

القوة المماسية المطبقة على السائل تؤثر على بعثره في جميع الإتجاهات وللحصول على بعثرة جيدة وسريعة يفضل أن تكون اللزوجة منخفضة

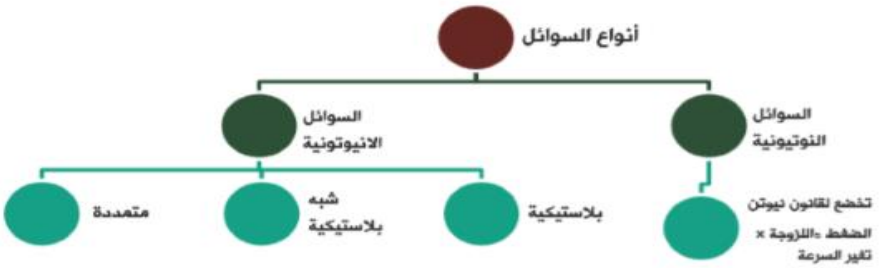


الشكل (٢)

يوضح الشكل حجماً من السائل محصور بين مستويين ومتوازيين [أ ، ب] تفصل بينهما مسافة قدرها [م] فعند تطبيق قوة مماسية [ق] على المستوي [أ] " الطبقة الأولى " من السائل هنا ستنزاح مسافة معينة قدرها [جـ ، هـ] ساحبة معها الطبقات التي تليها وتقل هذه المسافة من طبقة إلى أخرى ويستمر هذا الإنخفاض في المسافة تدريجياً حتى تنعدم في الطبقة الأخيرة فتكون هذه الطبقة ثابتة والسرعة عندها معدومة.

إذاً الخلاصة: قوة الضغط تتناسب طرداً مع اللزوجة فكلما زادت اللزوجة احتجنا لتطبيق قوة ضغط أكبر لتحريك طبقات السائل ، وتتناسب اللزوجة عكساً مع تغير السرعة فكلما زادت لزوجة السائل نقصت سرعته.

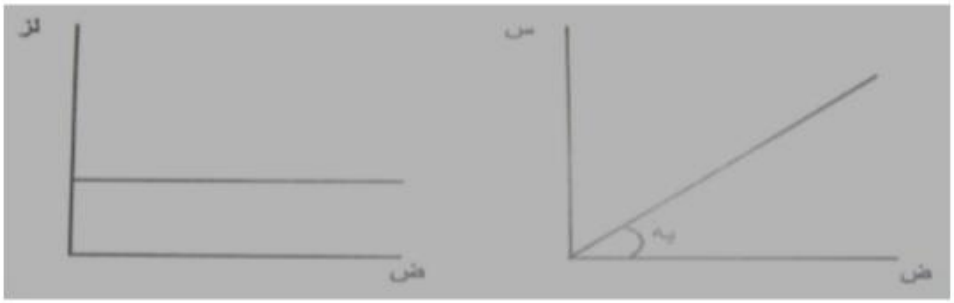
نماذج الإنسياب :



1) السوائل النيوتونية :

هي السوائل التي لا تتغير لزوجتها بتغير الضغط (تطبيق القوة المماسية) ، تخضع هذه السوائل لقانون نيوتن للإنسياب لز=ض/س

مثل : الماء ، فالماء من السوائل النيوتونية التي مهما قمنا بتحريكه ورجه لا تتغير خواصه اللزوجية ضمن درجة حرارة محددة لذلك يعتبر وسط ملائم للحياة الغليسرين والزيوت المعدنية كالبارفين والشراب البسيط / وزيت المحركات التي يجب أن لا تتغير لزوجتها عند ارتفاع الحرارة أو انخفاضها لسلامة المركبة .



في الشكل الاول نلاحظ أن ميل الخط البياني يمثل اللزوجة حيث بازدياد الضغط لزداد السرعة [تمثل قانون نيوتن للإنسياب]

ومن الشكل الثاني نلاحظ أن اللزوجة ثابتة ، وعند تمثيلها على خط بياني لشكل علاقة خطية مع الضغط المطبق وهذا يميزها عن السوائل اللانيوتونية

⊂ بالتالي نستنتج أن السوائل النيوتونية لها لزوجة ثابتة .

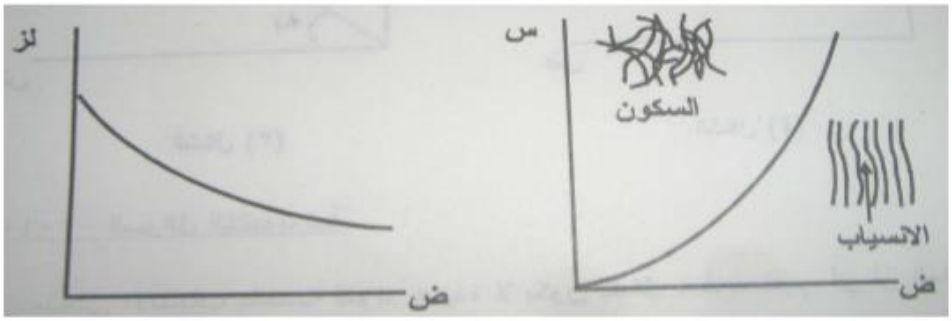
2) السوائل اللانيوتونية :

هي السوائل التي تتغير لزوجتها عند تغير الضغط (بتطبيق قوة مماسية كالرج أو التحريك) وهي على 3 أنواع :

❖ النموذج البلاستيكي Plastic :

هو عبارة عن بوليمرات ذات سلاسل متشابكة يتطلب تطبيق قوة لحد معين حتى يبدأ بالإنسياب اي أنه يملك عتبة حتى يبدأ بالجريان تسمى عتبة الانسياب ، و تحوي تركيز من المادة الرافعه للزوجة أكثر من النموذج شبه البلاستيكي .

مثل : الكريمات والمراهم .



❖ النموذج شبه البلاستيكي Pseudo plastic :

هو عبارة عن بوليمرات ذات سلاسل متشابكة و بمجرد تطبيق قوة (دون الحاجة للوصول إلى حد معين أو عتبة) يبدأ السائل بالانسياب ، وتكون لزوجته اقل من لزوجة النموذج البلاستيكي .

البوليمرات تكون في حالة السكون ذات سلاسل متشابكة وبعملية الرج تنتظم سلاسلها فتقل اللزوجة وتسَهل انسياب هذه الطبقات فوق بعضها .

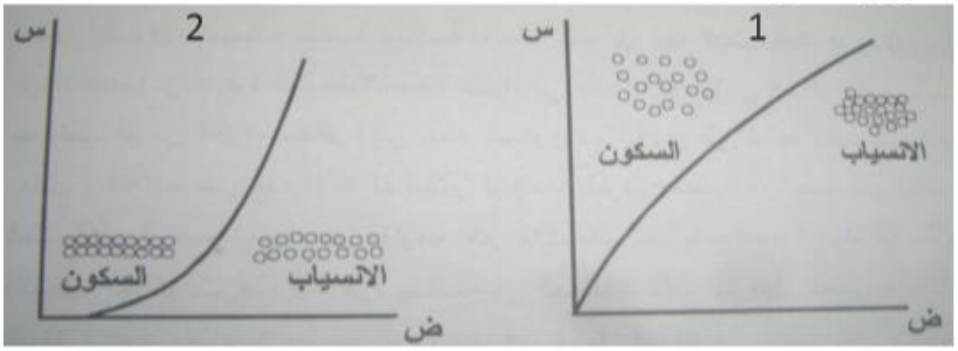
مقارنة هامة بين النموذج البلاستيكي وشبه البلاستيكي ....

من حيث	النوع	القوام العام	تركيز البوليمر	تغير اللزوجة (بعد الرج)	الإنسياب
شبه البلاستيكي Pseudo Plastic	لانيوتوني	هو عبارة عن بوليمر أقل لزوجة من القوم البلاستيكي	له تركيز أقل من البلاستيكي	تنخفض اللزوجة ينساب بعد الرج	ليس له عتبة (مقدار محدد من القوة يبدأ عندها بالإنسياب) فبمجرد تطبيق قوة مماسية على سطح السائل يبدأ بالإنسياب
البلاستيكي Plastic	لانيوتوني	هو عبارة عن بوليمر أكثر لزوجة من القوام شبه البلاستيكي	له تركيز أعلى من شبه البلاستيكي	تنخفض اللزوجة ينساب بعد الرج	له عتبة (مقدار محدد من القوة عند الوصول إليها يبدأ السائل بالإنسياب) فلا يبدأ الإنسياب إلا بعد تطبيق حد معين من القوة تسمى بعتبة الإنسياب

يكون تركيز البوليمر البلاستيكي أعلى من تركيز البوليمر شبه البلاستيكي فإذا كانت نسبة النموذج البلاستيكي 5% فتكون نسبة النموذج شبه البلاستيكي 0.5% ، وهي نسبة غير ثابتة وتختلف بإختلاف المادة ولكن تم ذكرها كمجرد مثال

❖ النموذج المتمدد Dilatant:

هو مركب يكون في الحالة العادية بشكل سائل أجزاءه متباعدة ومتنافرة في حالة السكون وبمجرد رجه (تطبيق قوة مماسية عليه) تزداد لزوجته عبر تقارب أجزاءه مشكلة شبكة لزجة ، وكلما طبقت عليه قوة ضغط أكبر تزداد اللزوجة أكثر



الشكل الأول يمثل النموذج المتمدد حيث أن المنحنى البياني يمثل اللزوجة ويوضح الشكل البياني أن اللزوجة تزداد بازدياد الضغط

والشكل الثاني يمثل النموذج شبه البلاستيكي ويمثل المنحنى اللزوجة أيضاً حيث يوضح الشكل البياني أن اللزوجة تتناقص بازدياد الضغط

يجب أن نميز بين مصطلحين أساسيين : elastic, plastic

حيث أن plastic : هو نمط إذا تم تطبيق قوة عليه وتغير شكله لا يعود لشكله السابق ويبقى كما هو.

أما elastic : فهو نمط إذا تم تطبيق قوة عليه يتغير شكله ثم يعود لشكله السابق .

ننوه أن جميع الأشكال اللانيوتونية السابقة لها خصائص الـ Plastic

مقارنة بين السوائل اللانيوتونية

من حيث	تغير اللزوجة (لز) بالضغط (الرج)	حالة السكون قبل الرج	بعد الرج (قوة ما)
متمدد Dialant	تزداد اللزوجة مثال : مادة سائلة بالضغط براحة اليد تتحول لهلامة النمط الوحيد الذي تزداد لزوجته بالضغط	الأجزاء متنافرة ومتباعدة	الأجزاء تتقارب مشكلة شبكة لزجة تعيق عملية الإنسياب
شبه البلاستيكي Pseudo Plastic	تنخفض اللزوجة	بوليمرات ذات سلاسل متشابكة	تتوجه السلاسل وتنتظم فتقل اللزوجة وتنساب بمجرد تطبيق قوة
البلاستيكي Plastic	تنخفض اللزوجة	بوليمرات ذات سلاسل متشابكة	تتوجه السلاسل وتنتظم فتقل اللزوجة وتنساب بعد تطبيق حد معين من القوة (حتى تصل لعتبة الإنسياب)

تغير القوام بالرج Thixotropic :

هي خاصية تميز بعض السوائل الصيدلانية ، حيث أن بعض السوائل تتصف بخاصة التحول من حالة الهلامة عندما تكون ساكنة إلى حالة السيولة بعد الرج فيكون هناك تنافر بين أجزاء السائل فاذا تم رجها تقل لزوجتها وترتبط هذة الخاصية بعامل أخر وهو الزمن ، لكي تكون السوائل ثابتة يجب أن تكون ذات لزوجة مرتفعة وخاصة في الجمل المبعثرة (كالمعلقات) والتي يمكن أن يعبر عنها بقانون ستوكس (لحساب سرعة الترسب) حيث أن كلما قلت سرعة ترسيب السائل كان أكثر ثباتاً .

قانون ستوكس

$$\nu = \frac{2\, g\, r^2\, (d_1 - d_2)}{9\, \eta}$$

حيث: ν سرعة الترسيب

g الجاذبية الأرضية

r نصف قطر الجزيئة

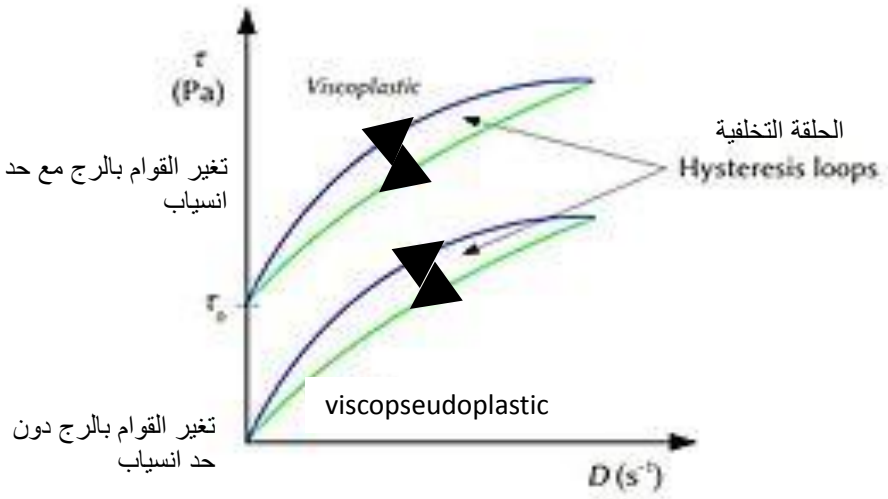
d_1 كثافة الأجزاء

d_2 كثافة السائل

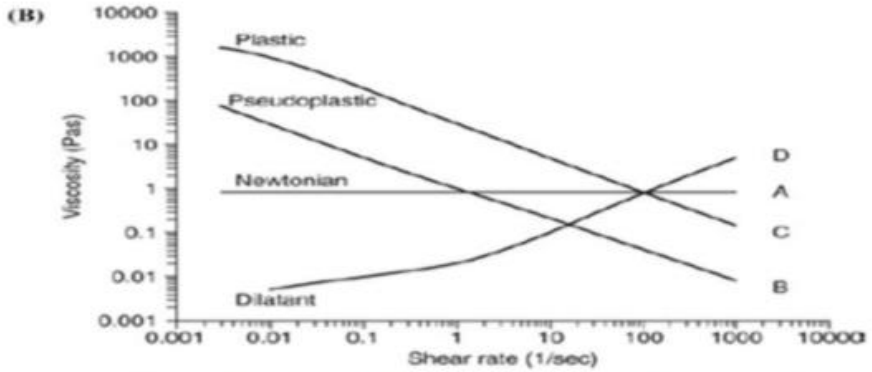
η لزوجة السائل

نلاحظ من القانون أن اللزوجة تتناسب عكساً مع سرعة الترسب .. فكما زادت اللزوجة قلت سرعة الترسب

ملاحظة : المواد ذات الكثافة العالية تميل لأن تترسب أما المواد ذات الكثافة المنخفضة تميل لأن تتفشد حيث أننا نلاحظ تفشد الحليب وهي حالة ترسيب ولكن كون المواد المترسبة ذات كثافة منخفضة فإنها تتوجه للسطح لتشكل طبقة "القشدة"


τ
(Pa)
Viscoplastic
الحلقة التخلفية
Hysteresis loops
تغير القوام بالرج مع حد انسياب
τ_0
viscopseudoplastic
تغير القوام بالرج دون حد انسياب
D (s⁻¹)

هذه الخاصية تفيدنا في الكثير من الأشكال الصيدلانية ذات الأنظمة المبعثرة ، فيكتب غالباً على عبوات الأدوية ذات هذه الأنظمة " رج جيداً قبل الإستعمال " فعندما يكون الدواء على الرف (أي يكون في حالة سكون) يكون الشكل ذو لزوجة عالية فيتم رجه لتقل لزوجته وعندها تتم إعادة بعثرة الطور الداخلي بشكل جيد يعطي جرعة متحانسة ومحددة الجرعة كما أن خفض اللزوجة يسهل عملية سكب السائل من العبوة ، وعند ترك العبوة فإنها ستعود لترتفع اللزوجة مرة أخرى ^^!



Newtonian and non–Newtonian behaviors as a function of shear rate: (A) flow profile; (B) viscosity profile. *Source*: From Ref. 69.

يلخص الشكل البياني جميع ما تحدثنا عنه في نماذج الإنسياب للسوائل حيث يمثل الخط البياني [A] السوائل النيوتونية [ثابتة اللزوجة] والخط البياني [B] النموذج شبه البلاستيكي من السوائل اللانيوتونية [الذي تنخض اللزوجة بتغير الضغط] والخط البياني [C] النموذج البلاستيكي من السوائل اللانيوتونية [الذي تنخفض لزوجته أيضاً بتغير الضغط] والخط البياني [D] الذي يمثل النموذج المتمدد من السوائل اللانيوتونية [الذي تزداد لزوجته بتغير الضغط] .
مع الإنتباه إلى أن الشكل البياني هو علاقة بين اللزوجة Viscosity وبين تغير السرعة Shear rate