Middle Technical University
Technical Institute / Kut
Department of Petrochemical Techniques

الجامعة التقنية الوسطى
المعهد التقني / كوت
قسم التقنيات البتروكيمياوية

دراسة

انتقال الكتلةباستخدام العمود الفقاعي

STUDY MASS TRANSFER BY BUBBLE COLUMN

بحث مقدم

الى المعهد التقني/ كوت ـ قسم التقنيات البتروكيمياوية وهو جزء من نيل شهادة الدبلوم التقني في البتروكيمياويات

اسماء الطلبة

حسن رعد غريب

حسن عذاب صيوان

المشرف

المدرس سعيد عباس مدودي

1444 هـ

2023 م

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ وَلَقَدْ آتَيْنَا دَاوُودَ وَسُلَيْمَانَ عِلْمًا

وَقَالَا الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي فَضَّلَنَا عَلَىٰ كَثِيرٍ

مِّنْ عِبَادِهِ الْمُؤْمِنِينَ ﴾

صدق الله العلي العظيم

[النمل :15]

الفهرست

الاهداء 4

الفصل الاول 5

- المقدمة
- ماهو العمود الفقاعي (Bubble Column)
- ميكانيكية عمل العمود الفقاعي
- تطبيقات استخدام العمود الفقاعي في الصناعات البتروكيمياوية.
- تطبيقات استخدام العمود الفقاعي في صناعة النفط و الغاز.
- تطبيقات استخدام العمود الفقاعي في صناعة الادوية.
- تطبيقات استخدام العمود الفقاعي في الصناعات البايولوجية.
- تطبيقات استخدام العمود الفقاعي في مجالات اخرى.
- ما هو معامل انتقال الكتلة Mass transfer coefficient في العمود الفقاعي
- العوامل التي تؤثر على قيمة K_La
- حساب معامل انتقال الكتلة .K_La لذوبان الأوكسجين في الماء

الفصل الثاني 14

- مراحل التصنيع
- تشغيل الجهاز

الاستنتاج 20

المصادر 21

الملاحق 23

الإهداء

الى رسول الإنسانية ونور الاسلام محمد صلى الله عليه واله وسلم وعلى آل بيته الأطهار الذين قيل فيهم

ملح الأرض، وزينة الدنيا، وحلي العالم، والسنام الأعظم، والكاهل الأضخم

ولباب كل جوهر كريم، وسر كل عنصر شريف، والطينة البيضاء،

والمغرس المبارك، وهم النصاب الوثيق، ومعدن الفهم، وينبوع العلم

الى معلمي الغالي و منار دربي .....أبي

الى نبض الحياة ومنبع الحنان .....أمي

الى سندي واعزاء قلبي .....أخوتي و أخواتي

الى من وقف الى جانبي ومدَ لي يد المساعدة

(المدرس سعيد عباس مدودي)

الذي سهل لي الطريق في كتابة البحث والى جميع اساتذتي في قسم التقنيات البتروكيمياوية.

واخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين وعلى محمد واله افضل الصلاة واتم التسليم

حسن و حسن

الشكر والتقدير

الحمد والشكر لله سياج النعم الذي قدرني في مواصلة دراستي وإكمال
جهدي المتواضع الذي هو ثمرة لجهود بذلت لمساعدتي في اتمامه لذا اجد
نفسي ملزما لتقديم عرفان الجميل ولكل من اسهم في ابداء او تقديم اي
رأي او مشورة ولكل من احيوا قلبي بنور علمهم .

لذا اتقدم بالشكر والتقدير لأسرتي لما بذلوا من دعم مادي ومعنوي خلال مسيرتي الدراسية

كذلك اتقدم بشكري وتقديري لمشرفي

الاستاذ سعيد عباس مدودي

لتوجيهه ومتابعته واشرافه المتواصل خلال مرحلة البحث واتقدم بالشكر

والعرفان الى عمادة المعهد التقني –كوت ورئاسة قسم التقنيات البتروكيمياوية واستاذته لما بذلوه من جهد علمي خلال مراحل دراستي الاولية

حسن و حسن

الفصل الأول

الجانب النظري

BUBBLE COLUMN

➢ المقدمـــة /

شهد استخدام السوائل اللزجة في الاعمدة الفقاعية (Bubble Columns) تطوراً ملحوظاً حيث يستخدم هذا النوع كثيراً في الصناعات الكيمياوية والمفاعلات البايوكيمياوية والصناعات الصيدلانية ومعالجة التلوث ويمثل تصميم الأبراج الفقاعية مطلب صعب نتيجة التعقيد وتصرف الخواص الهيدروديناميكية ويتطلب معرفة حركة الفقاعات في السائل وكذلك حركة انتقال الكتلة خلال سطح الفقاعات.

العمود الفقاعي (Bubble Column) هو نوع من الأجهزة المستخدمة في الهندسة الكيميائية والعمليات الصناعية للتفاعل والانتقال الكتلي بين السوائل والغازات.
يُعرف العمود الفقاعات بأنه نظام ثنائي المرحلة يتكون من عمود عمودي يحتوي على سائل وغاز يتفاعلان ومتواجدان في حالة تجانس نسبي.

يتكون العمود الفقاعات من أنبوب عمودي يتم تدفق السائل فيه من الأسفل بواسطة مضخة، في حين يتم تدفق الغاز بواسطة فتحات في القاع. عندما يتدفق السائل في العمود، يتم تكوين فقاعات صغيرة من الغاز بفعل تحريك السائل. تتصاعد هذه الفقاعات في العمود وتتفاعل مع السائل المحيط بها.

و يستخدام العمود الفقاعات في العديد من التطبيقات الصناعية. يُستخدم في عمليات التفاعل الكيميائي حيث يتم تعزيز الاختلاط بين السائل والغاز، وهو يستخدم أيضًا في عمليات الاستخلاص والتقطير حيث يتم تحسين عمليات نقل الكتلة بين المكونات.

يتأثر أداء العمود الفقاعي بعوامل مثل طريقة إدخال السائل والغاز، وشكل وحجم الفقاعات، وتركيز السوائل والغازات، ومعدلات تدفقها وخواص السائل المستخدم. ويمكن تحسين أداء العمود الفقاعي عن طريق تعديل هذه العوامل وتحسين تصميم العمود نفسه.

و يمكن ان نقول بشكل عام، العمود الفقاعات يُعتبر أداة هامة في الهندسة الكيميائية و العمليات الصناعية الاخرى لتحسين عمليات الاختلاط ونقل الكتلة بين السوائل والغازات، ويستخدم في مجالات مثل صناعة البتروكيماويات والمعالجة البيولوجية والتصنيع الغذائي وغيرها.

و يتميز استخدام تصميم العمود الفقاعي في صناعة البتروكيماويات. في هذه الصناعة، يتم استخدام تصميم العمود الفقاعي لعدة عمليات مثل التقطير والاستخلاص والتنقية. وعلى سبيل المثال:

- **يمكن استخدام العمود الفقاعي في عملية التقطير لفصل السوائل المختلفة المكونة للمزيجات البتروكيماوية. يتم تفريغ المزيج في العمود الفقاعي، ويتم تدفق الهواء من الأسفل لتشكيل الفقاعات. تتفاعل الفقاعات مع المكونات المرغوب فيها وترفعها إلى الأعلى، بينما تبقى المكونات الأخرى في الجزء السفلي من العمود. تتم جمع المكونات المرفعة في الجزء العلوي من العمود للاستخدام النهائي.**

- **بالإضافة إلى ذلك، يمكن استخدام العمود الفقاعي في عمليات الاستخلاص والتنقية في صناعة البتروكيماويات. يمكن استخدام العمود الفقاعي لاستخلاص المركبات المرغوب فيها من السوائل الأخرى، أو لتنقية المركبات المستخدمة في عمليات الإنتاج.**

- **تصميم العمود الفقاعي في صناعة البتروكيماويات يتطلب تحديد المركبات المستهدفة وتعديل شروط التشغيل والتصميم وفقًا لاحتياجات العملية المحددة. يمكن استخدام تقنيات إضافية مثل التحكم في تدفق السوائل والهواء واستخدام الملحقات الإضافية لتحسين كفاءة العملية.**

باختصار، تصميم العمود الفقاعي يمكن أن يكون جزءًا هامًا في عمليات التقطير والاستخلاص والتنقية في صناعة البتروكيماويات. يتم تعديل تصميم العمود وشروط التشغيل وفقًا للمركبات والعمليات المستهدفة لتحقيق الأداء المثلى.

➢ ماهو العمود الفقاعي (Bubble Column):

يتميز العمود الفقاعات بتكوين فقاعات غازية صغيرة تتصاعد في سائل داخل العمود، وتتفاعل مع المواد المذابة في السائل.

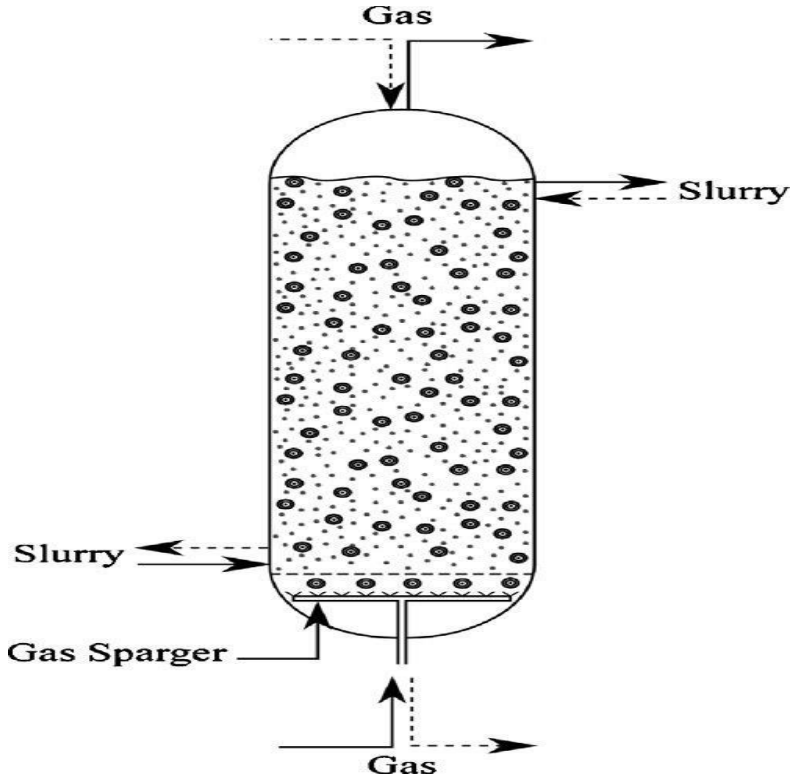
يتكون العمود الفقاعات عادة من أنبوب عمودي يحتوي على السائل ويوفر وسيلة لإدخال الغاز. عند إدخال الغاز من القاعدة أو من الجوانب، تتكون فقاعات صغيرة في السائل وتتصاعد نحو أعلى العمود. أثناء تصاعد الفقاعات، يمكن للتفاعلات الكيميائية أو عمليات النقل الكتلي أن تحدث بين الغاز والمواد المذابة في السائل.

ويعتبر العمود الفقاعات مناسبًا للعمليات التي تتطلب تفاعلات سريعة أو نقل كتلة فعال بين الغاز والسائل.

قد تختلف تصميمات العمود الفقاعات وشروط التشغيل بناءً على التطبيق المحدد. وتشمل بعض المعامل التي يمكن تعديلها في العمود الفقاعات:

- **قطر العمود.**
- **تدفق الغاز.**
- **تركيز المواد المذابة.**
- **ومعامل انتقال الكتلة K_La الذي يحدد كفاءة التفاعل بين الغاز والسائل.**

إن استخدام العمود الفقاعات يعتبر موضوعًا مهمًا في الهندسة الكيميائية والعمليات الكيميائية، وقد تم دراسته وتحليله بشكل واسع في الأدبيات العلمي.



➢ ميكانيكية عمل العمود الفقاعي :

تعتمد ميكانيكية عمل العمود الفقاعي على تفاعل الغاز والسائل داخل العمود، حيث يتم تكوين فقاعات غازية صغيرة في السائل وتصاعدها نحو الأعلى. فيما يلي يتم شرح الميكانيكية الأساسية للعمود الفقاعات:

1. **تكوين الفقاعات:** يتم إدخال الغاز إلى العمود عادة من القاعدة أو الجوانب باستخدام فتحات تعتمد ميكانيكية عمل العمود الفقاعات على تفاعل الغاز والسائل داخل العمود، حيث يتم تكوين فقاعات غازية صغيرة في السائل وتصاعدها نحو الأعلى. فيما يلي يتم شرح الميكانيكية الأساسية للعمود الفقاعات:
2. **ادخال الفقاعات:** يتم إدخال الغاز إلى العمود عادة من القاعدة أو الجوانب باستخدام فتحات أو منافذ. عندما يتم تدفق الغاز في السائل، تتكون فقاعات صغيرة بسبب انخفاض ضغط الغاز وانحلاله في السائل.
3. **صعود الفقاعات:** تصاعد الفقاعات نحو الأعلى يتم بفعل قوة الطفو التي تمارسها الفقاعات الغازية بسبب اختلاف الكثافة بين الغاز والسائل. الفقاعات تنطلق من نقطة الدخول وتتصاعد في السائل باتجاه الأعلى.
4. **تفاعل الغاز والسائل:** أثناء صعود الفقاعات، يحدث تفاعل بين الغاز والمواد المذابة في السائل. يتم ذلك عن طريق انتقال المواد المذابة من السائل إلى الفقاعات الغازية عندما يتم تواجدها بالقرب منها. يتم تبادل المواد بين الفقاعات والسائل عن طريق الانحلال والامتزاج.
5. **تفريغ الغاز:** عندما تصل الفقاعات الغازية إلى السطح العلوي للعمود، يتم تفريغ الغاز إلى الجو. يمكن استخدام أنظمة الفصل مثل الفوهات أو الأغطية للتحكم في تدفق الغاز وتجميعه.

يتأثر أداء وكفاءة العمود الفقاعي بعوامل مثل تدفق الغاز، تركيز المواد المذابة، قطر العمود، وتصميم العمود. تحسين تصميم العمود وتنظيم عوامل التشغيل يمكن أن يؤدي إلى زيادة كفاءة عملية التفاعل ونقل الكتلة بين الغاز والسائل في العمود الفقاعات.

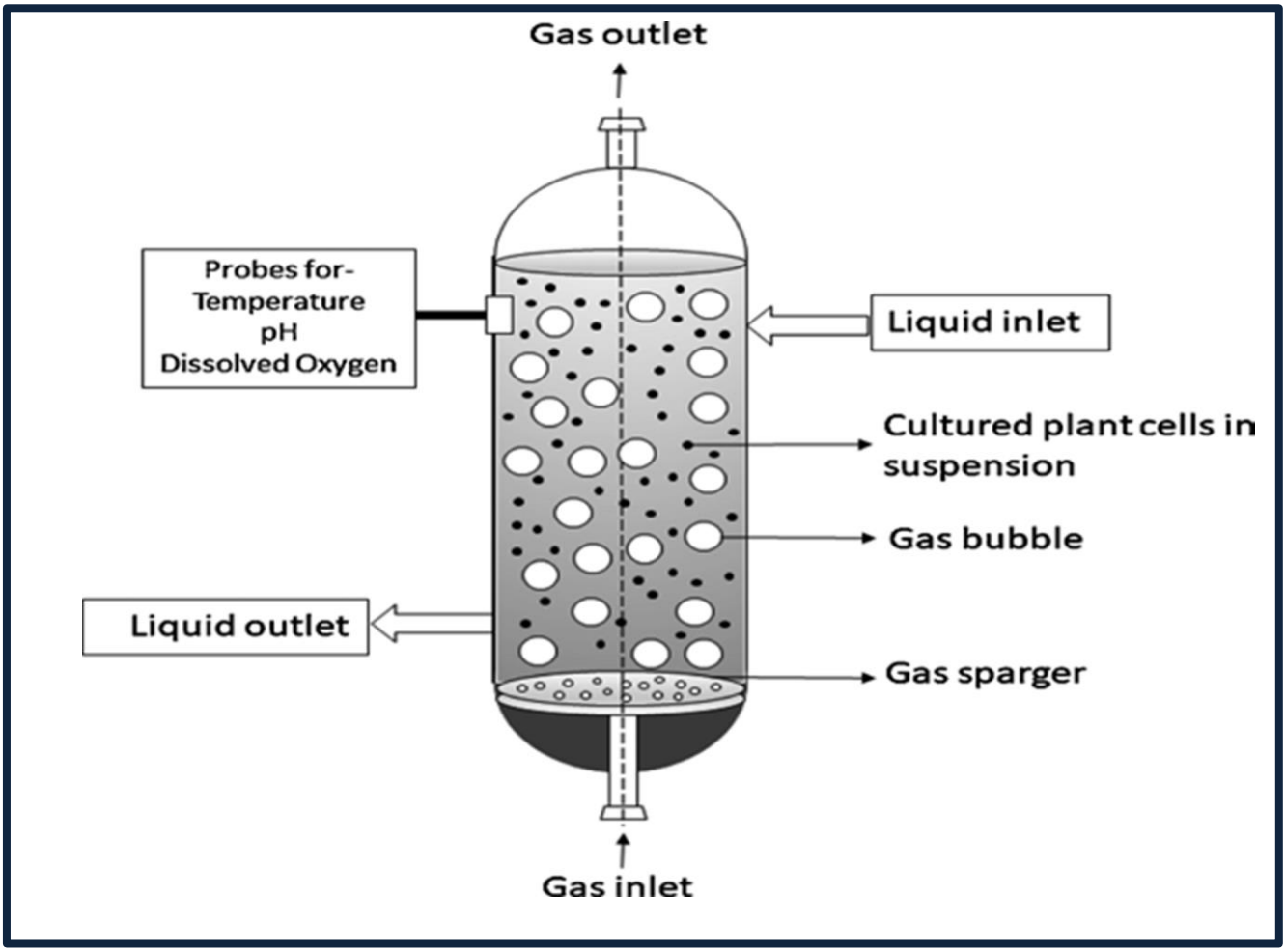


Fig. Bubble column reactor: air is sparged from the bottom to agitate the liquid

➢ تطبيقات استخدام الاعمدة الفقاعية في الصناعات البتروكيمياوية:

العمود الفقاعي يستخدم في الصناعات البتروكيميائية لعدة تطبيقات مهمة. إليك بعض الأمثلة على تلك التطبيقات:

1. **استخراج المذيبات:** يمكن استخدام العمود الفقاعي لاستخلاص المذيبات من الخلطات البتروكيميائية. يتم تدفق الغاز المذيب من الأسفل، وتتكون فقاعات غازية في السائل المذيب. يتم امتصاص المذيب في الغاز المذيب وتنتقل المواد الأخرى إلى الطور السائل، مما يسمح بفصل المذيب عن المزيج.
2. **تحويل الكيميائيات:** يمكن استخدام العمود الفقاعي في عمليات التحويل الكيميائي للمواد البتروكيميائية. عندما يتم تدفق الغاز في العمود، تتفاعل المواد الكيميائية الموجودة في

السائل مع الغاز، ويتم تحويلها إلى منتجات كيميائية جديدة. يتم تحسين كفاءة التفاعل عن طريق تحسين توزيع الفقاعات وتصميم العمود.

3. **تكرير النفط:** يمكن استخدام العمود الفقاعي في عمليات تكرير النفط لفصل المركبات المختلفة. عند تدفق الغاز في العمود، تتكون فقاعات في السائل النفطي. يتفاعل الغاز مع المركبات الهيدروكربونية الموجودة في السائل، مما يساعد على فصل الزيوت الثقيلة والمركبات الأخرى من النفط.
4. **تصنيع المنتجات الكيماوية:** يمكن استخدام العمود الفقاعي في صناعة مجموعة متنوعة من المنتجات الكيماوية في الصناعات البتروكيميائية. يمكن استخدامه في عمليات التخمر وتصنيع الأدوية والمواد الكيماوية الأخرى.

تلك هي بعض التطبيقات الشائعة للعمود الفقاعي في الصناعات البتروكيميائية. يتم تصميم العمود وفقًا لمتطلبات المعالجة والتفاعلات الكيميائية المحددة، ويجب أن يتم تحسينه وتنظيمه بشكل جيد لتحقيق أداء مثالي واستفادة أمثل من عمليات التفاعل.

➢ تطبيقات استخدام العمود الفقاعي في صناعة النفط و الغاز:

يتم استخدام العمود الفقاعي في صناعة النفط والغاز، في عدة تطبيقات مهمة. إليك بعض الأمثلة عن تلك التطبيقات:

1. **فصل الغاز:** يمكن استخدام العمود الفقاعي في عمليات فصل الغاز الطبيعي. يتم تدفق الغاز والسائل المختلط في العمود، ويتم تكوين فقاعات الغاز في السائل. يتم فصل الغاز عن السائل عن طريق تجميع الفقاعات في الجزء العلوي من العمود واستخدام أجهزة فصل إضافية مثل أجهزة الفصل الجاذبة.
2. **إزالة المركبات الضارة:** يمكن استخدام العمود الفقاعي لإزالة المركبات الضارة من النفط والغاز الطبيعي. عند تدفق الغاز والسائل في العمود، تتكون فقاعات في السائل، وتتفاعل المركبات الضارة مع الغاز وتنتقل إلى الطور الغازي. يتم جمع المركبات الضارة في الجزء العلوي من العمود والتخلص منها بطرق آمنة.
3. **تقليل الرغوة:** تستخدم العمود الفقاعي في تطبيقات تقليل الرغوة في صناعة النفط والغاز. يمكن أن تتسبب الرغوة في مشاكل في عمليات الإنتاج والمعالجة، وتؤثر على كفاءة العمليات. يتم تدفق الرغوة في العمود، ومن خلال التفاعل بين الرغوة والغاز الموجود في العمود، يتم تحطيم الرغوة وتقليلها.
4. **تنقية النفط:** يمكن استخدام العمود الفقاعي في عمليات تنقية النفط وإزالة المواد الشوائب. عند تدفق النفط في العمود، يتم تكوين فقاعات في المذيب المضاف، وتتفاعل المواد

الشوائب مع المذيب وتنتقل إلى الطور الغازي. يتم تجميع المواد الشوائب في الجزء العلوي من العمود وإزالتها.

يتم تصميم العمود الفقاعي وفقًا لمتطلبات معالجة النفط والغاز المحددة وظروف التشغيل، ويجب تحسينه وتنظيمه بشكل جيد لضمان تحقيق أداء مثالي وفعالية عمليات المعالجة.

➢ تطبيقات استخدام العمود الفقاعي في صناعة الادوية:

هناك تطبيقات هامة للعمود الفقاعي في صناعة الأدوية. إليك بعض الأمثلة على تلك التطبيقات:

1. **تقطير الأدوية:** يمكن استخدام العمود الفقاعي في عمليات تقطير الأدوية لفصل المركبات المختلفة وتنقيتها. يتم تدفق الخليط السائل في العمود، وتتكون فقاعات البخار في السائل. يتفاعل البخار مع المركبات الكيميائية الموجودة في السائل ويتم تحويلها إلى بخار، مما يساعد على فصل المركبات وتنقيتها.
2. **تصنيع المواد الفارماكولوجية:** يستخدم العمود الفقاعي في تصنيع العديد من المواد الفارماكولوجية، مثل الأدوية الصلبة والسوائل والمستحضرات الصيدلانية الأخرى. يمكن استخدام العمود في عمليات التفاعل والتحويل الكيميائي للمواد الخام، وفصل وتنقية المنتجات النهائية.
3. **تنقية المذيبات:** يمكن استخدام العمود الفقاعي لتنقية المذيبات المستخدمة في صناعة الأدوية. يتم تدفق الغاز المذيب في العمود، وتتكون فقاعات في السائل. يتم امتصاص الملوثات والشوائب في الغاز المذيب، مما يساعد على تحسين نقاء المذيب وجودته.
4. **تحويل الكيميائيات:** يستخدم العمود الفقاعي في عمليات تحويل الكيميائيات لإنتاج مركبات ومواد كيميائية مهمة في صناعة الأدوية. يتم تدفق الغاز والسائل في العمود، وتتفاعل المواد الكيميائية الموجودة في السائل مع الغاز، وتحولها إلى منتجات كيميائية جديدة ذات فوائد دوائية.

هذه هي بعض التطبيقات الشائعة للعمود الفقاعي في صناعة الأدوية. يتم تصميم العمود وفقًا لمتطلبات التفاعل والتحويل الكيميائي والتنقية، ويجب تحسينه وتنظيمه بشكل جيد لضمان تحقيق أداء مثالي وفعالية عمليات الإنتاج الدوائي.

➢ تطبيقات استخدام العمود الفقاعي في الصناعات البايولوجية:

العمود الفقاعي يجد تطبيقات واسعة في الصناعات البيولوجية والتكنولوجيا الحيوية. إليك بعض الأمثلة على تلك التطبيقات:

1. **تصنيع البروتينات:** يمكن استخدام العمود الفقاعي في عمليات تصنيع البروتينات المستخدمة في الأبحاث العلمية والصناعات البيولوجية. يتم استخدام العمود لفصل البروتينات المختلفة وتنقيتها، مما يساعد على الحصول على بروتينات بنقاء عالٍ وجودة عالية.
2. **تنقية الأحماض النووية:** يستخدم العمود الفقاعي في تنقية الأحماض النووية مثل الحمض النووي الريبوزي (RNA) والحمض النووي الديوكسي .(DNA) يمكن استخدام العمود لفصل الأحماض النووية عن المواد الأخرى الموجودة في العينة، مما يساعد على تحسين جودة ونقاء الأحماض النووية المستخدمة في التطبيقات البيولوجية.
3. **تطوير الأدوية:** يمكن استخدام العمود الفقاعي في تطوير الأدوية واكتشاف المركبات النشطة. يتم استخدام العمود لفصل وتنقية المركبات الكيميائية المختلفة المستخدمة في الأبحاث الدوائية، مما يساعد على تحسين فعالية الأدوية وتقليل الشوائب.
4. **زراعة الخلايا الجذعية:** يستخدم العمود الفقاعي في زراعة وتكاثر الخلايا الجذعية. يمكن استخدام العمود لتوفير بيئة مثلى لنمو الخلايا الجذعية وتوجيه تمايزها إلى أنواع معينة من الخلايا، مما يساعد في الأبحاث السريرية والتطبيقات العلاجية.
5. **تصنيع اللقاحات:** يمكن استخدام العمود الفقاعي في تصنيع اللقاحات وتنقيتها. يتم استخدام العمود لفصل وتنقية المكونات الفيروسية أو البكتيرية المستخدمة في اللقاحات، مما يساعد على تحسين جودة اللقاحات وتأمين توافرها الكافي.

هذه هي بعض التطبيقات الشائعة للعمود الفقاعي في الصناعات البيولوجية. يتم تصميم العمود وفقًا لمتطلبات التفاعل والتنقية البيولوجية، ويجب تحسينه وتنظيمه بشكل جيد لضمان تحقيق أداء مثالي وفعالية في تلك الصناعات.

➢ تطبيقات استخدام العمود الفقاعي في مجالات مختلفة اخرى:

العمود الفقاعي هو جهاز يستخدم في عدة تطبيقات في مجالات مختلفة. إليك بعض الأمثلة عن تلك التطبيقات:

1. **تنقية المياه:** يمكن استخدام العمود الفقاعي في معالجة المياه لإزالة المواد العالقة والشوائب. عندما يتدفق الماء في العمود، تتكون فقاعات الهواء في الماء وتلتصق بالشوائب والجسيمات العالقة. يتم تجميع الفقاعات في الجزء العلوي من العمود وإزالة الشوائب.
2. **معالجة مياه الصرف الصحي:** يمكن استخدام العمود الفقاعي في معالجة مياه الصرف الصحي لإزالة المواد العضوية وتحسين جودة المياه. يتم تدفق المياه العادمة في العمود، وتتكون فقاعات الهواء في المياه وتلتصق بالمواد العضوية. يتم جمع المواد العضوية في الجزء العلوي من العمود وإزالتها.

3. **معالجة المياه الصناعية:** يستخدم العمود الفقاعي في معالجة مياه الصناعات المختلفة لإزالة الملوثات والمواد العضوية والشوائب. يتم تدفق الماء في العمود، وتتكون فقاعات الهواء في الماء وتلتصق بالملوثات. يتم جمع الملوثات في الجزء العلوي من العمود وإزالتها.
4. **معالجة الصلب:** يمكن استخدام العمود الفقاعي في صناعة الصلب لتحسين جودة المنتجات وإزالة الشوائب. عند تدفق الصلب الساخن في العمود، يتكوّن هواء مضغوط في الصلب وتتحسن خواصه الميكانيكية. يتم تجميع الشوائب في الجزء العلوي من العمود وإزالتها.

هذه هي بعض التطبيقات الشائعة للعمود الفقاعي في مجالات مختلفة. يتم تصميم العمود وفقًا لمتطلبات المعالجة وتنقية المواد، ويجب تحسينه وتنظيمه بشكل جيد لضمان تحقيق أداء مثالي وفعالية العمليات.

➢ ما هو معامل انتقال الكتلة Mass transfer coefficient في العمود الفقاعي:

معامل انتقال الكتلة Mass transfer coefficient في العمود الفقاعي يُعرف عادة بـ K_La وهو معامل يقيس قدرة العمود على نقل المواد الكيميائية من السائل إلى الفقاعات أو العكس. يُستخدم هذا المعامل بشكل شائع في الهندسة الكيميائية وعلوم البيولوجيا لتقدير كفاءة عملية التبادل الكتلي في العمود الفقاعي.

قيمة K_La تعتمد على عدة عوامل، بما في ذلك خصائص السائل والفقاعات المستخدمة وشروط التشغيل في العمود الفقاعي. يتم تحديد قيمة K_La عمومًا باستخدام الاختبارات العملية والتجارب، ويعتمد على تحليل النتائج والبيانات المستخرجة منها.

➢ العوامل التي تؤثر على قيمة K_La تشمل:

1. **قطر الفقاعات:** كلما كان قطر الفقاعات أكبر، زادت مساحة واجهة الكتلة بين السائل والفقاعات، وبالتالي زاد قدرة العمود على نقل الكتلة.
2. **تركيز المواد الكيميائية في السائل:** كلما زاد تركيز المواد الكيميائية في السائل، زادت قوة الانتقال وبالتالي زادت قيمة K_La.
3. **سرعة تدفق السائل:** كلما زادت سرعة تدفق السائل، زادت قوة الانتقال وبالتالي زادت قيمة K_La.
4. **خصائص السائل:** مثل لزوجة السائل وتوتر السطح يمكن أن تؤثر على قيمة K_La.
5. **خصائص الفقاعات:** مثل حجم الفقاعات وتوزيعها وثباتيتها يمكن أن تؤثر على قيمة K_La

يجب ملاحظة أن قيمة K_La تعتمد أيضًا على تصميم العمود الفقاعي ومعاملاته الهندسية، مثل ارتفاع العمود وحجم الفقاعات ونظام التشغيل المستخدم.

لحساب قيمة K_La بشكل دقيق، يُوصى بالرجوع إلى المعادلات والنماذج الهندسية المعمول بها في مجال العمود الفقاعي، والتي يمكن العثور عليها في الأدبيات العلمية والتقنية المختصة.

المعادلات و النماذج الهندسية المستخدمة لتقدير قيمة K_La تشمل:

هناك العديد من المعادلات والنماذج الهندسية المستخدمة لتقدير **قيمة K_La** في العمود الفقاعي. ومن أشهر هذه المعادلات والنماذج:

1. **معادلة Zaki & Richardson** : تستخدم لحساب **K_La** في الأعمدة الفقاعية ذات الفقاعات الصغيرة. تعتمد المعادلة على تركيز الغاز في الفقاعات وتركيز المواد الكيميائية في السائل وخصائص السائل والغاز.حيث:
   - تستخدم للأعمدة الفقاعية ذات الفقاعات الصغيرة (بقطر صغير).
   - تعتمد على العلاقة بين تركيز الغاز في الفقاعات (C_gb) وتركيز المواد الكيميائية في السائل (C_L) وخصائص السائل مثل لزوجته وكثافته.
   - تعتمد على معاملات تجربية محددة للفقاعات الصغيرة والسوائل المستخدمة.
2. **معادلة Levenspiel& Kunii :** تستخدم لحساب K_La في الأعمدة الفقاعية ذات الفقاعات الكبيرة. تعتمد المعادلة على خصائص الفقاعات وخصائص السائل وسرعة التدفق والتصميم الهندسي للعمود الفقاعي.حيث:
   - تستخدم للأعمدة الفقاعية ذات الفقاعات الكبيرة (بقطر كبير).
   - تعتمد على خصائص الفقاعات مثل حجمها وتوزيعها وسرعة صعودها ومساحة واجهة الفقاعات.
   - تعتمد أيضًا على خصائص السائل مثل لزوجته وكثافته وسرعة التدفق وتصميم العمود الفقاعي.
3. **نموذج Wang & Bai** : يعتمد هذا النموذج على مفهوم المساحة الفعالة للتبادل الكتلي في الفقاعات. يأخذ في الاعتبار خصائص الفقاعات والسائل وسرعة التدفق وتصميم العمود الفقاعي . حيث:
   - يستخدم مفهوم المساحة الفعالة للتبادل الكتلي في الفقاعات.
   - يعتمد على خصائص الفقاعات والسائل وسرعة التدفق وتصميم العمود الفقاعي.
   - يستخدم عادة للتقدير النسبي لقيمة K_La ومقارنة كفاءة أنظمة مختلفة.

4. **نموذج Fan& Wen :**يستند هذا النموذج إلى تصور طبقات الفقاعات في العمود الفقاعي. يأخذ في الاعتبار خصائص الفقاعات والسائل وسرعة التدفق وتصميم العمود الفقاعي. حيث:

- يستند إلى تصور طبقات الفقاعات في العمود الفقاعي.
- يعتمد على خصائص الفقاعات والسائل وسرعة التدفق وتصميم العمود الفقاعي.
- يستخدم للتقدير النسبي لقيمة K_L a وتحليل توزيع الفقاعات عبر طبقات السائل.

تُستخدم هذه المعادلات والنماذج كأدوات لتقدير قيمة K_La في العمود الفقاعي، ولكن يجب ملاحظة أن الدقة والملائمة تختلف باختلاف ظروف التشغيل والتصميم. وبالتالي، قد يتطلب التقدير الدقيق لقيمة K_La إجراء تجارب واختبارات عملية في الظروف المحددة للنظام المراد دراسته.

و لحساب قيمة K_La باستخدام هذه المعادلات والنماذج، يتطلب الأمر إدخال بيانات النظام المحددة مثل خصائص الفقاعات والسوائل وسرعة التدفق وتصميم العمود الفقاعي. يمكن استخدام القيم المعمول بها لخصائص الفقاعات والسوائل إذا لم تتوفر البيانات التجريبية المحددة للنظام.

يجب ملاحظة أن دقة النتائج والملائمة للتطبيق تعتمد على جودة البيانات المدخلة وتحقق النموذج أو المعادلة مع الظروف الفعلية للنظام المراد دراسته.

➢ حساب معامل انتقال الكتلة .K_La لذوبان الأوكسجين في الماء :

معامل انتقال الكتلة **K_La** هو مقياس لمعدل انتقال الكتلة لمادة معينة في وسط معين، ويشير عادة إلى معدل انتقال الأوكسجين في الماء. يتم قياس K_La **بوحدة (1/ساعة) أو (1/دقيقة)** ويعتمد على الشروط التشغيلية مثل **درجة الحرارة والضغط وتركيز الأوكسجين في الماء.**

لحساب قيمة K_La لذوبان الأوكسجين في الماء، يمكن استخدام العديد من النماذج والمعادلات المتاحة، والتي تعتمد على الظروف الخاصة بالعملية والمعلومات المتاحة. من بين هذه النماذج، تُستخدم عادة نماذج معادلة هنري لذوبان الغازات في السوائل.

إليك معادلة هنري التقريبية لذوبان الأوكسجين في الماء:

$$C = K_La * (P - P_0)$$

حيث:

C هو تركيز الأوكسجين المذاب في الماء (مثلاً بالمول/لتر).

K_La هو معامل انتقال الكتلة لذوبان الأوكسجين في الماء.

P هو ضغط الأوكسجين في الغاز العلوي (مثلاً بالبار).

P_0 هو ضغط الأوكسجين في التوازن مع الماء (مثلاً بالبار).

تعتمد قيمة K_La على العديد من العوامل مثل درجة الحرارة وتركيز الأوكسجين والتوتر السطحي للماء. يمكن أن تتغير قيمة K_La بشكل كبير بين ظروف التشغيل المختلفة.

و من المهم مراعاة أن قيمة K_La تعتبر عادة معامل تشغيلي يتم تحديده تجريبيًا لكل نظام معين. يمكن أن توفر الشركات المصنعة لمعدات التذويب الأوكسجين قيم K_La المقترحة لأنظمتها المحددة.

يرجى ملاحظة أن القيم المحددة والدقيقة لـ K_La تعتمد على العديد من العوامل والظروف الخاصة بالنظام المحدد.

➢ أمثلة على القيم المقترحة لـ KLa في أنظمة التذويب الأوكسجين

هناك مجموعة واسعة من القيم المقترحة لمعامل انتقال الكتلة K_La في أنظمة التذويب الأوكسجين، وتختلف هذه القيم بناءً على الظروف التشغيلية وتكوين النظام. إليك بعض الأمثلة المشتركة لقيم K_La في أنظمة التذويب الأوكسجين:

- ✓ **نظام التذويب المستمر:(Continuous Oxygenation) :** قيمة K_La تتراوح عادة بين 10-50 1/ساعة.
- ✓ **نظام التذويب الشبه المستمر:(Semi-Continuous Oxygenation) :** قيمة K_La تتراوح عادة بين 20-100 1/ساعة.
- ✓ **نظام التذويب الدفعي:(Batch Oxygenation) :** قيمة K_La تتراوح عادة بين 5-30 1/ساعة.

يرجى ملاحظة أن هذه القيم المقترحة لـ K_La هي مجرد نطاقات تقديرية ويمكن أن تختلف بشكل كبير بناءً **على العوامل المحددة لكل نظام، مثل درجة الحرارة وتوتر الأوكسجين وخصائص السائل والتصميم الهندسي للنظام.** ينبغي أن يتم تحديد قيمة K_La **بناءً على الاختبارات التجريبية أو البيانات المتاحة للنظام المحدد.**

الفصل الثاني

الجانب العملي

مرحلة التصنيع

ا- تم تصنيع بتجهيز قاعدة الجهاز (بورد مختبري) ليتم تثبيت اجزاء الجهاز عليها في ورش المعهد.

2 -قاعدة الجهاز يجب أن تكون مرتفعة عن الارض ليسهل العمل عليه

3- و سيتم تثبيت قاعدة اسفل القاعدة الأولى (على ارتفاع (20cm) عن مستوى سطح الارض) ليتم تثبيت المضخة والخزان وبعض الانابيب عليها.

4- بعد الانتهاء من القاعدة تقوم بتثبيت القطع حيث نبدأ بتثبيت الانابيب كما يلي .

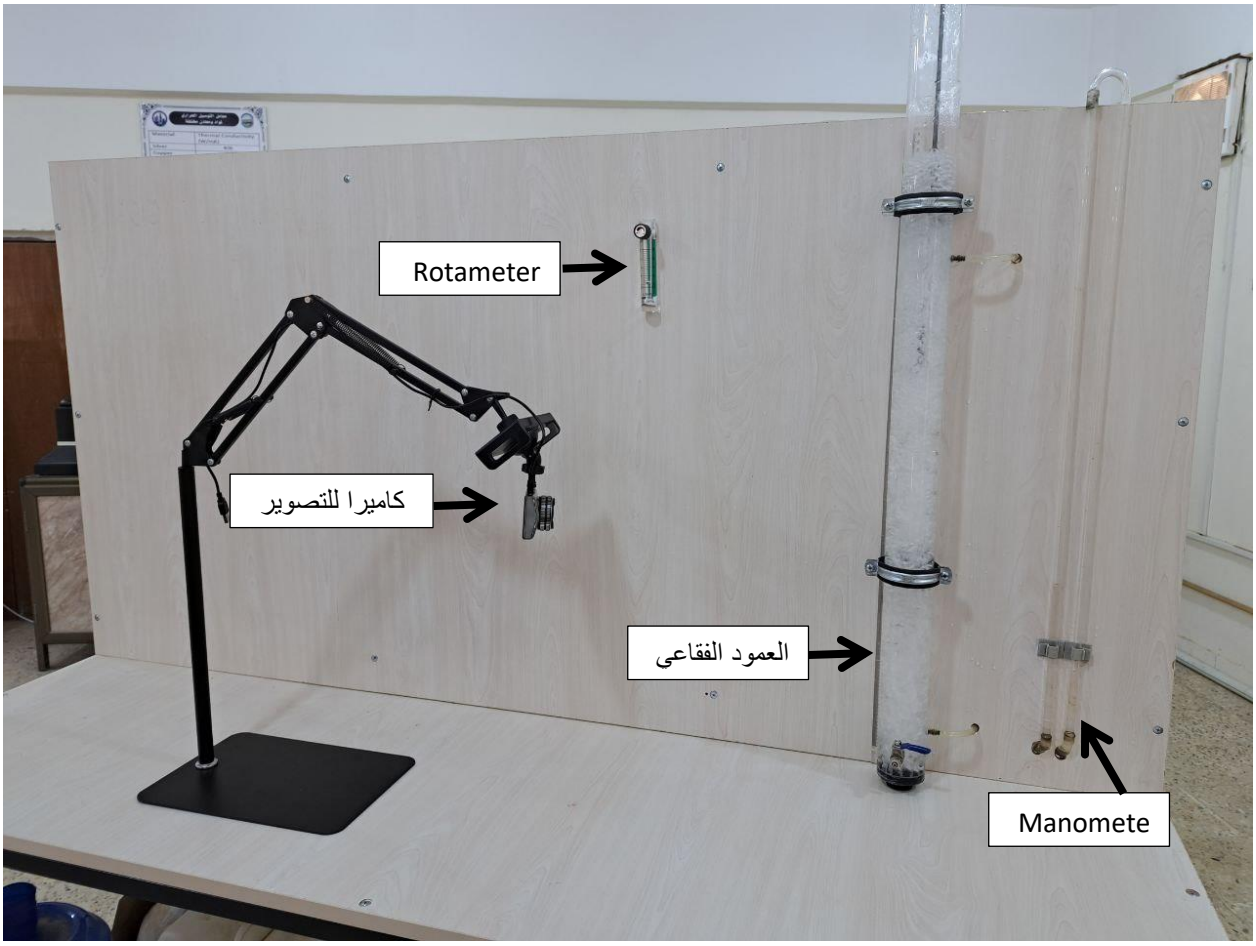
- ✓ تثبيت الانبوب الرئيسي (العمود الفقاعي) Bubble Column و المصنوع من Plixiglass و بعد تثبيت موزع الهواء في الجزء الاسفل من العمود
- ✓ ب-يتم توزيع الانابيب على حسب القطع .

5- يتم تثبيت الخزان والمضخة جيدة أعلى القاعدة السفلى

6- يتم تثبيت انابيب U Tubemanometer (لمعرفة الارتفاع) بجوار العمود .

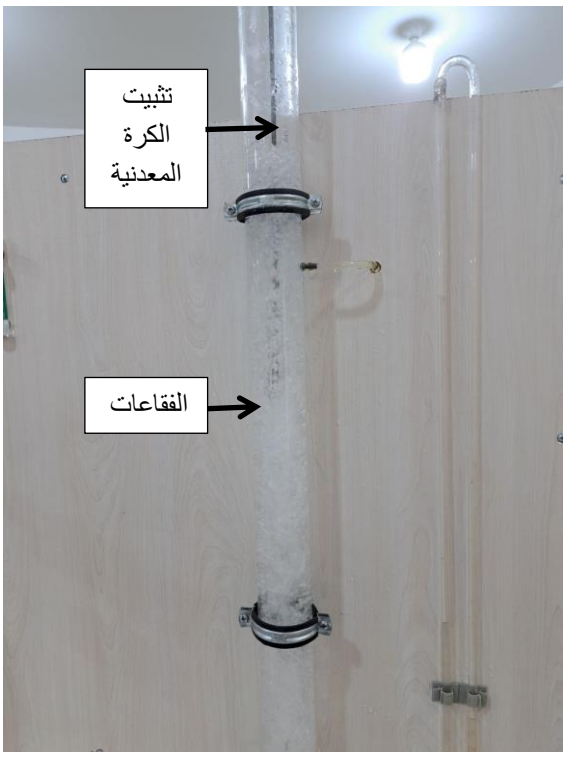
7- يتم تثبيت كاميرا نوع ( ) لغرض قياس معدل قطر الفقاعات و سرعتها.

8- يتم وضع كرة معدنية مثبتة بقضيب معدني و معلومة القطر لغرض مقارنة القطر الحقيقي مع القطر بعد التصوير و بالتالي حساب القطر الحقيقي للفقاعات.



طريقة العمل /

1. أبق الصمام الالتفافي مفتوحًا والصمام الرئيسي مغلقًا. قم بتشغيل الضاغط.
2. قم بتوصيل مقياس الضغط U tube manometer عبر الطبقة .
3. اسمح للغاز بالتدفق عبر السائل الموجود في العمود (الماء) عن طريق فتح الصمام الرئيسي
4. تأكد من وجود حالة تدفق ثابت ولاحظ معدل التدفق باستخدام مقياس التدفق Ratometer
5. يجب ملاحظة الارتفاع المقابل للطبقة والفرق في المستويات في أطراف المانومتر.
6. يجب تكرار الإجراء لمعدلات تدفق مختلفة، سواء بالنسبة لظروف الطبقة الثابتة أو المميعة
7. استخدم مقياس الزئبق المعدلات التدفق الأعلى
8. جمع السائل الموجود في الطبقة الثابت بعد إغلاق الصمام الرئيسي، لحساب حجم الفراغ



يتم حساب معامل نقل الكتلة الحجمي (K_La) عن طريق قياس تركيز O_2 المذاب في السائل. تم إجراء قياسات تركيز O_2 المذاب باستخدام طريقتين:

1. **مقياس (O_2 (DO المذاب من النوع (Lutron-DO-5509/Taiwan) المحمول، يتم تزويد مقياس DO هذا بمسبار من النوع الاستقطابي مع درجة حرارة مدمجة. المستشعر الذي يخدم تطبيقات.**
2. **طريقة التحليل (طريقة وينكلر) (Rump and Krist, 1988) عن طريق المعايرة المباشرة بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم القياسي 0.01 م**

(Soduim Thiosulphat 0.01M) كما يلي:

2.1 إجراءات تحضير الكواشف والمحاليل.

أولا. تم إذابة محلول كبريتات المنغنيز (II)، 91 جم من MnSO4.H2O في 250 مل من الماء المقطر.

ثانيا. تم إذابة محلول قلوي يوديد أزيد، 87.5 جم من NaOH، 37.5 جم من KI و 0.25 جم من NaN، في 250 مل من الماء المقطر.

ثالثا. 0.01 م محلول ثيوكبريتات الصوديوم، 1.2405 جم ($Na2S2O3.5H_2O$) مذاب في 500 مل من الماء المقطر.

رابعا. تم استخدام حامض الاورثو فوسفوريك اقل تركيز 85-93 بالوزن. V. محلول النشا، تم إذابة Ig من النشا القابل للذوبان في 500 مل.

تمت إضافة الماء المقطر تحت التسخين وبضع قطرات من الفورمالين.

2.2 تحضير العينة وقياسها:

جمعت العينة في دورق سعة 50 مل، وأضيف إليها 0.1 مل من محلول كبريتات المنغنيز و0.5 مل من محلول قلوي - يوديد - أزيد. تم إغلاق الدورق خاليًا من فقاعة الهواء ورجه، وأضيف مليلتر من حمض الفوسفوريك إلى المحلول. تم خلط المحلول الموجود في الدورق عن طريق رج الدورق. بعد التقريب. بعد 10 دقائق، تم نقل الثابت إلى دورق مخروطي ومعايرته بمحلول 0.01 مولار من ثيوكبريتات الصوديوم، عندما لم يبق سوى لون أصفر ضعيف، تمت إضافة إيمل من محلول النشا واستمرت المعايرة حتى يختفي اللون الأزرق.

2.3 حساب النتائج:

1 مل من محلول ثيوكبريتات يتوافق مع 0.08 ملغ من الأكسجين، محتوى الأكسجين المذاب:

$$O_2(mg/lit) = \frac{X*80}{V-V_R}$$

حيث X = استهلاك 0.01 م من محلول ثيوكبريتات الصوديوم (مل) V حجم حاوية العينة (مل)

حجم المادة التفاعلية المضافة (بدون حمض الفوسفوريك O).

2.4 لا يمكن استخدام طريقة وينكلر في الحل النيوتوني، بسبب التداخل في التفاعلات بين K_2CO، والمحلول، واختبار الكواشف. لذلك تم استخدام مقياس O المذاب فقط.

الاستنتاجات

• المصادر

- هناك العديد من المصادر العلمية المعترف بها في صناعة التذويب الأوكسجين التي توفر معلومات قيمة حول معامل انتقال الكتلة K_La وتطبيقاته والمعترف بها في هذا المجال:
- المعهد الأوروبي للتذويب الأوكسجين (European Oxygen Transfer Association - EOTA):
- الموقع الإلكتروني: https://www.eota.org/
- الجمعية الأمريكية للهندسة البيئية والميكروبيولوجيا (American Society of Civil Engineers - ASCE):
- الموقع الإلكتروني: https://www.asce.org/
- المعهد الأمريكي للكيمياء (American Institute of Chemical Engineers - AIChE):
- الموقع الإلكتروني: https://www.aiche.org/
- المعهد الألماني للتقنية الكيميائية (German Institute of Chemical Technology - DECHEMA):
- الموقع الإلكتروني: https://dechema.de/
- الجمعية الدولية للتكنولوجيا البيئية والهندسة (International Association on Water Quality - IAWQ):
- الموقع الإلكتروني: https://iawq.org/
- هذه المصادر توفر مقالات وأبحاث ومعلومات تقنية عن مختلف جوانب التذويب الأوكسجين، بما في ذلك معامل انتقال الكتلة .KLa يمكنك الاطلاع على المقالات والمنشورات العلمية المتاحة على هذه المواقع للحصول على مزيد من المعلومات حول قيم K_La وتطبيقاتها في صناعة التذويب الأوكسجين.
-

الملاحق

- **Experiment guide for Study Mass Transfer by Bubble Column**

- **دليل تجربة دراسة انتقال الكتلة باستخدام العمود الفقاعي**

Study Mass Transfer by Bubble Column

- **Aim of Exprement:**

- **Background and Theory :**

- ***Apparatus required :***
  - ✓ manometer,
  - ✓ bucket, &
  - ✓ Stop watch.

- ***Procedure :***

1. Keep the bypass valve open and the main valve closed. Switch on the pump.
2. Connect manometer across the bed.
3. Allow the fluid through flow through the bed by opening the main valve.

4. Ensure for steady flow condition note down the flow rate using the rotameter .
5. The corresponding height of the bed and the difference in levels in the manometer limbs to be noted down.
6. The procedure is to be repeated for different flowrates, both for static and fluidized bed conditions.
7. Can use Hg manometer for higher flow rates.
8. Collect the the fluid present in the static bed after closing the main valve, to calculate the void volume.

- **Data :**

Column Diameter = D = cm
Height of static bed = L_{mf} =
Viscosity of fluid = μ = cp
Density of fluid = kg/m^3
Density of CCl_4 = kg/m^3
Density of Hg = kg/m^3
Packing type =
Density of packing material= ρ_p = kg/m^3
φ_s = Sphericity =
Specific surface area of packing = S = m^2/m^3=surface area/unit bed volume

- ***Observations :***

Volume of voids = m^3

Sl No.	Manometer reading	Height of bed(L)cm	Rotameter reading	Volumetric flow rate m^3/s

- ***Calculations :***

Minimum bed porosity = ϵ_{mf}=void volume/volume of bed

Volume of Bed =$\frac{\pi D^2}{4} * L_{mf}$

Superficial velocity = $V_0 = \frac{Q}{A}$

Cross sectional area of the tube, $A = \frac{\pi D^2}{4}$

$$\Delta H_w = \frac{(\rho - \rho)}{\rho} * \Delta H_m$$ = m H_2o

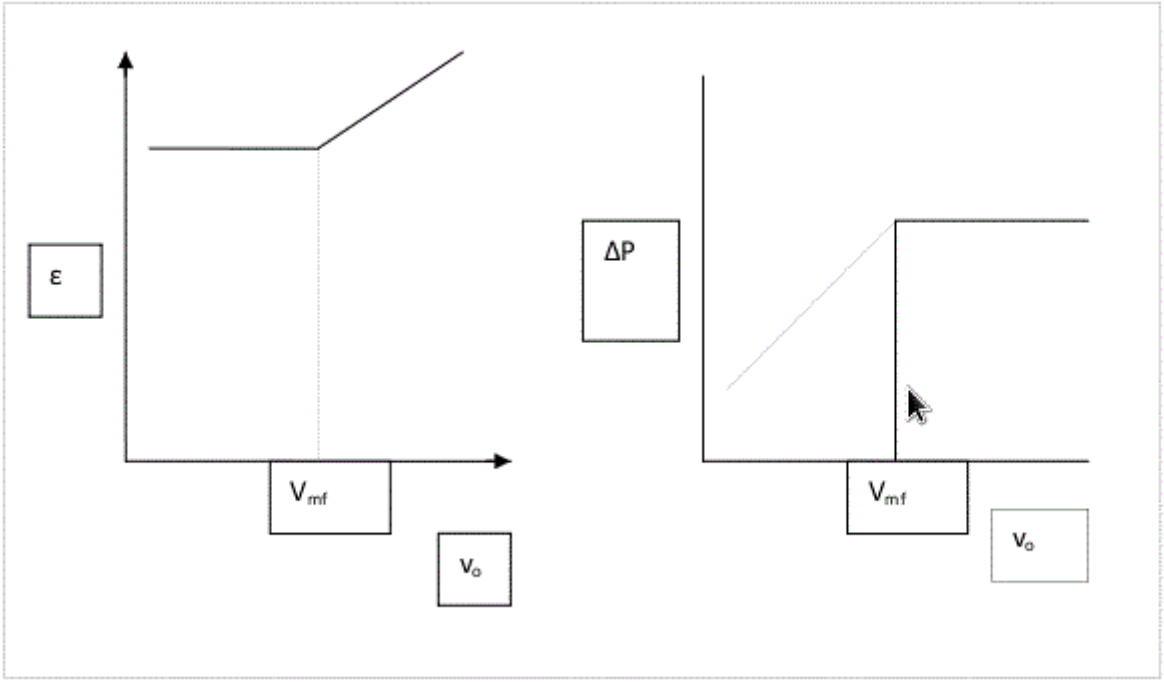
ρ_m = density of manometric fluid

$\Delta P = \Delta H_w \rho g$= N/$m^2$

Bed Porocity $\epsilon = 1 - \frac{L_{mf}}{L}(1 - \epsilon_{mf})$

Sl. No.	Bed Height L, cm	Volumetric flow rate Q, m^3/s	Superficial Velocity $\overline{v_0}$, m/s	ΔHw m . H_2O	Porosity ε	Pressure Drop ΔP

- Plot ΔPvs $\bar{V}_0$ on a log-log graph
- Plot ϵ vs $\bar{V}_0$ on a log-log graph.
- Determine minimum velocity (V_{mf}) from both the plots.



Theoretical value of minimum velocity:

Determine pressure drop per unit bed height under minimum condition.

$$\frac{\Delta P_B}{L_{mf}} = g(\rho_p - \rho)(1 - \epsilon_{mf}) = \frac{N}{\frac{M^2}{m}}$$

Ergun's equation:

$$\frac{\Delta P_B}{L_{mf}} \frac{D_p}{\rho V_{mf}^2} \frac{\epsilon_{mf}^3}{(1-\epsilon_{mf})} = \frac{150(1-\epsilon_{mf})}{\frac{V_{mf} D_p \rho}{\mu}} + 1.75$$

Solve equation 1 and determine V_{mf}.

- **Results :**

Report the values of minimum velocity obtained from plots and from Ergun's equation. Comment on effect of superficial velocity on ΔP and ϵ.

دليل تجربة دراسة انتقال الكتلة باستخدام العمود الفقاعي

- **الهدف من التجربة:**
  - الغرض من تصنيع الجهاز هو اجراء تجربة و دراسة انتقال الكتلة بين الطورين الغازي و السائل بحساب معامل انتقال الكتلة.
  - دراسةالخواص الهيدروديناميكية مثل المحتوى الحجمي Local gas holdup و حساب قطر و سرعة الفقاعات.

- **المعدات المطلوبة :**

✓ مقياس الضغط

- ✓ ، مقياس الزئبق،
- ✓ دلو و
- ✓ ساعة توقيت.

- **طريقة العمل** :

1. أبقِ الصمام الالتفافي مفتوحًا والصمام الرئيسي مغلقًا. قم بتشغيل الضاغط.

2. قم بتوصيل مقياس الضغط عبر الطبقة.

3. اسمح للغاز بالتدفق عبر الطبقة عن طريق فتح الصمام الرئيسي.

4. تأكد من وجود حالة تدفق ثابت ولاحظ معدل التدفق باستخدام مقياس معدل الجريان Rotameter

5. يجب ملاحظة الارتفاع المقابل لل'طبقة والاختلاف في المستويات في أطراف المانومتر.

6. يجب تكرار الإجراء لمعدلات تدفق مختلفة، سواء بالنسبة لظروف الطبقة الساكنة أو المميعة.

7. استخدم مقياس الزئبق لمعدلات التدفق الأعلى.

8. يتم حساب معامل نقل الكتلة الحجمي (K_La) عن طريق قياس تركيز O_2 المذاب في السائل. تم إجراء قياسات تركيز O_2 المذاب باستخدام طريقتين:

1. **مقياس (O_2 (DO المذاب من النوع (Lutron-DO-5509/Taiwan) المحمول، يتم تزويد مقياس DO هذا بمسبار من النوع الاستقطابي مع درجة حرارة مدمجة. المستشعر الذي يخدم تطبيقات.**
2. **طريقة التحليل (طريقة وينكلر) (Rump and Krist, 1988) عن طريق المعايرة المباشرة بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم القياسي 0.01 م**

(Soduim Thiosulphat 0.01M) كما يلي:

2.1 إجراءات تحضير الكواشف والمحاليل.

أولا. تم إذابة محلول كبريتات المنغنيز (II)، 91 جم من MnSO4.H2O في 250 مل من الماء المقطر.

ثانيا. تم إذابة محلول قلوي يوديد أزيد، 87.5 جم من NaOH، 37.5 جم من KI و 0.25 جم من NaN، في 250 مل من الماء المقطر.

ثالثا. 0.01 م محلول ثيوكبريتات الصوديوم، 1.2405 جم ($Na2S2O3.5H_2O$) مذاب في 500 مل من الماء المقطر.

رابعا. تم استخدام حامض الاورثو فوسفوريك اقل تركيز 85-93 بالوزن. V. محلول النشا، تم إذابة Ig من النشا القابل للذوبان في 500 مل.

تمت إضافة الماء المقطر تحت التسخين وبضع قطرات من الفورمالين.

2.2 تحضير العينة وقياسها:

جمعت العينة في دورق سعة 50 مل، وأضيف إليها 0.1 مل من محلول كبريتات المنغنيز و0.5 مل من محلول قلوي - يوديد - أزيد. تم إغلاق الدورق خاليًا من فقاعة الهواء ورجه، وأضيف مليلتر من حمض الفوسفوريك إلى المحلول. تم خلط المحلول الموجود في الدورق عن طريق رج الدورق. بعد التقريب. بعد 10 دقائق، تم نقل الثابت إلى دورق مخروطي ومعايرته بمحلول 0.01 مولار من ثيوكبريتات الصوديوم، عندما لم يبق سوى لون أصفر ضعيف، تمت إضافة إيمل من محلول النشا واستمرت المعايرة حتى يختفي اللون الأزرق.

2.3 حساب النتائج:

1 مل من محلول ثيوكبريتات يتوافق مع 0.08 ملغ من الأكسجين، محتوى الأكسجين المذاب:

$$O_2(mg/lit) = \frac{X*80}{V-V_R}$$

حيث X = استهلاك 0.01 م من محلول ثيوكبريتات الصوديوم (مل) V حجم حاوية العينة (مل)

حجم المادة التفاعلية المضافة (بدون حمض الفوسفوريك O).

2.4 لا يمكن استخدام طريقة وينكلر في الحل النيوتوني، بسبب التداخل في التفاعلات بين K_2CO، والمحلول، واختبار الكواشف. لذلك تم استخدام مقياس O المذاب فقط.