**الوصف الحركي لسلوك الغازات**

ان هناك اربعة افتراضات للنظرية الحركية للغازات تتعامل مع وصف كيفية سلوك الغاز تحت تاثير قوة خارجية تسبب حركته.

النظرية الحركة للغازات تعتمد مجموعة شروط:

١- تتكون الغازات من عدد كبير من الدقائق الصغيرة جدا" ذرات وجزيئات .

٢- ان جزيئات الغاز تكون بحركة مستمرة سريعة وثابته وفي حالة عشوائية.

٣- المسافة بين جزيئات الغاز المنفردة كبيرة بالمقارنة مع قطر هذه الجزيئات.

٤- ان الجزيئات لاتسبب بقوة مع بعضها البعض او على جدران الحاوية ماعدا خلال التصادمات.

**سرعة جزيئات الغاز :(Velocity of gas molecules)**

**سرعة جزيئات الغاز:** هي السرعة التي تتحرك بها جزيئات الغاز والتي لاتعتمد على الضغط ولكنها دالة لدرجة الحرارة والوزن الجزيئي للغاز.



حيث ان:

= *v*  معدل السرعة الجزيئي.(cm/sec)

=*T*درجة الحرارة المطلقة .(K)

=*Wm* الوزن الجزيئي للغاز.(gm/mol)

**معدل المسار الحر:(Mean free path)**

**معدل المسار الحر:** المسافة التي يقطعها الغاز هي دالة للضغط الكلي والقطر لجزيئة الغاز (المسافة التي تقطعها الجزيئة قبل ان تصطدم بجزيئة اخرى).



حيث ان:

=*L* معدل المسار الحر.(cm)

=*N*كثافة العدد للدقائق(.(cm-3

=*d* قطر الجزيئة .(cm)

= *P* الضغط .(Torr)

لاغلب انظمة الفراغ النظيفة يتم افتراض وجود الهواء ( النتروجين ( وعند ذلك وعند درجة حرارة الغرفة يمكن افتراض القانون التالي لغاز النتروجين لمعدل المسار الحر.



حيث ان:

*L* = معدل المسار الحر .(cm)

=*P* الضغط.(Torr)

**التصادمات للمركبات الغازية**

ان جزيئات الغاز تنتقل باتجاهات خطوط مستقيمة بين التصادمات وتتجه نحو ضرب السطوح الداخلية المعرضة من الحاوية. ان الضغوط التي يتم قياسها باستخدام اجهزة قياس مختلفة ناتجة من عملية حساب تجمع الضربات او التصادمات لجزيئات الغاز على السطوح الداخلية لحاوية الفراغ.

لكل ثانية لكل وحدة مساحة بالسنتميتر هي دالة لسرعة (impingement rate) او ارتطام جزيئات الغاز (impact) ان معدل تصادم الجزيئات وكثافة الغاز.



حيث ان:

=*N* الكثافة الجزيئية .(cm-3)

= *v* السرعة الجزيئية .(cm/sec)

=*I* معدل الارتطام (.(cm-2sec-1

القيم التي يتم قياسها بسهولة عادة" في المختبر هي الضغط ودرجة الحرارة لذلك يمكن استخدام نفس المعادلات اعلاه بدلالة مصطلح هذه الوحدات:



**حركة جزيئات الغاز**(Diffusely)

**حركة جزيئات الغاز:** عندما يحصل تصادم بين جزيئات الغاز والسطح الداخلي المعرض للحاوية فان الجزيئات تتشتت ولكن ، ليس هناك علاقة بين الزاوية القادمة والزاوية المغادرة بعد عملية التصادم.

. وكما هو واضح في الشكل 3.4لقد تم دراسة زاوية المغادرة من السطح المستوي ووجد انها تتبع التوزيع الجيب تمامي (cosine)



**الشكل 4** يوضح المقارنة المتراكمة لزاوية المغادرة لجزيئات الغاز الساقطة على سطح ناعم. فمثلا" % 50 من الدقائق تغادر بزاوية 30 درجة او اقل.

**جريان الغاز خلال فتحة ضيقة**

تصور ان هناك نضوح حر من نظام فراغ يتكون من حاويتين متصلتين بصمام، احدى الحاويتين تحوي غاز النتروجين وكانت عند ضغط (5×10-10Torr) ، وحاوية ثانية,وكانت عند ضغط واطئ 5×10-5Torr الحاويتان كانت تحت درجة حرارة الغرفة. فاذا تم فتح الصمام فجأة "

فماذا سيحصل خلال زمن توزيع الضغط؟ الذي يحصل ان الجزيئات التي ترتطم بشكل عشوائي والناتجة من فتحة الصمام بين الحاويتين تغادر الحاوية ذات الضغط العالي وتتحرك باتجاه الحاوية ذات الضغط الواطئ. او يمكن القول ان الجزيئات في الحاوية ذات الضغط العالي

التي لاترتطم عند فتح الصمام بين الحاويتين لاتستطيع مغادرة الحاوية التي تحويها.

ماذا يتم الافتراض هنا؟ ان معدل الجريان لجزيئات الغاز المغادرة للحاوية هي دالة لمعدل التصادم للجزيئات لكل وحدة مساحة سطحية.

اذن فان عدد جزيئات الغاز المغادرة تحسب من:



. يمكن حساب حجم الغاز المغادر بواسطة قسمة عدد جزيئات الغاز(*N*) المغادر على عدد الجزيئات لوحدة الحجم والتي هي دالة لدرجة الحرارة والوزن الجزيئي. (*v*) ان معدل الجريان الحجمي للغاز خلال فتحة لايعتمد على ضغط الغاز ولكن يعتمد على سرعة الغاز

للحالة التي فيها معدل المسار الحر لجزيئات الغاز اكبر من قطر الفتحة الموجودة على جدران الحاوية، يمكن حساب معدل الجريان الحجمي

من: (*S*)

*S=v/4*

***S = 3.6 × 103 √(T/Wm)***

حيث ان:

=*S* معدل الجريان الحجمي .(liter/sec)

=*T* درجة الحرارة المطلقة (K)

=*Wm* الوزن الجزيئي .(gm/mol)

**انماط جريان الغاز تحت ظروف فراغ مختلفة:(Modes of gas flow under various vacuum conditions)**

هناك ثلاث انماط لتدفق الغاز يتم الاهتمام بها في موضوعنا هنا وهي:

١- التدفق الدوامي او المضطرب .(turbulent or viscous flow)

٢- التدفق الانتقالي .(laminar or Transition flow)

٣- التدفق الجزيئي (molecular flow )

تتكون انظمة التدفق عندما يتم حث الهواء على المرور خلال انبوب اسطواني كدالة لقطر الانبوب ومعدل الضغط.



حيث ان:

=***D*** القطر الداخلي.(inches)

= متوسط قيمة الضغط (Torr)

عند بداية تشغيل المضخة والبدء بالتفريغ يكون نوع جريان الغاز مضطرب ويتميز بدوامات (eddies) وتيارات تشابه الثوران السريع .(raging rapid)



الشكل 3.5 الجريان المضطرب لجزيئات الغاز خلال مرحلة التفرغ.



الشكل 6 جزيئات الغاز في ظروف الجريان الانتقالي. معدل الجريان الحر مساويا" الى قطر الانبوب.



الشكل 7 جزيئات الغاز في ظروف الجريان الجزيئي. معدل المسار الحر اكبر من 1.5 مرة من قطر الانبوب.

**معدلات جريان الغاز**

هو كمية حجم الغاز المار من نقطة لوحدة الزمن. مثال الوحدات هي (*S*) معدل الجريان  **الجريان الحجمي :(Volumetric Flow)**

يمكن وصف معدل الجريان الحجمي على انه سرعة المضخة للنظام عند نقطة معينة في طريق التوصيل. .ft3/min او liter/sec

**الجريان الكمي** **:(Quantitative flow)**

معدل الجريان الكمي(**Q**) هو كمية الغاز المار خلال نقطة معينة لوحدة الزمن. مثال الوحدات هي .Torr liter/sec

يمكن الاشارة الى **معدل الجريان الكتلي** ايضا" بمفهوم **الجريان النافذ (throughput)** وهو ثابت في كل مكان في نظام الفراغ مالم يكونيمكن الاشارة الى هناك نضوح في الغاز او يتم قنصه وتكثيفه خلال المسار.

***Q = SP***

حيث ان:

=*Q* معدل الجريان الكمي (Torr liter/sec)

=*S* معدل الجريان الحجمي .(liter/sec)

=*P* الضغط ( (Torr

الشكل (8) يوضح جريان الغاز خلال منظومة فراغ بدء من الدخول لحاوية الفراغ (vacuum vessel)وحتى الخروج عند عادم مضخة نجد عند كل موقع في دائرة الفراغ ان قيمة معدل الجريان الكم هي نفسها التفريغ الاولية pump roughing

