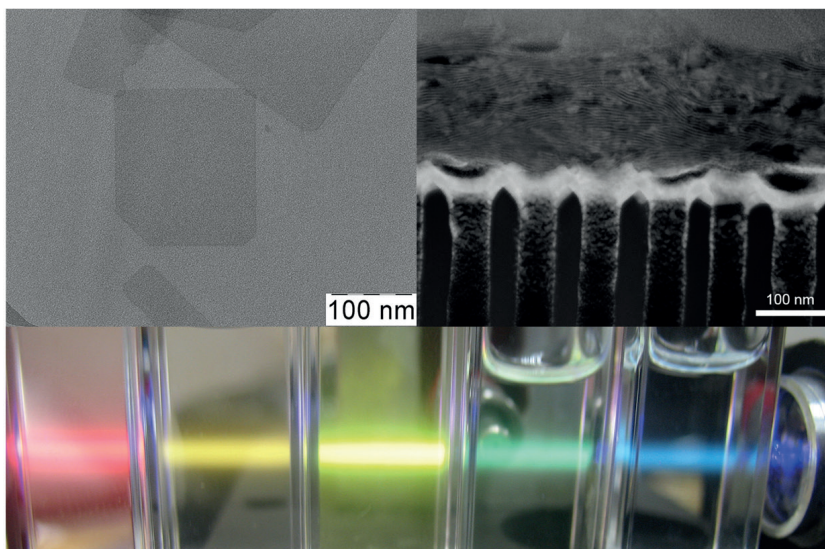


XX Всероссийская конференция молодых ученых

**«Актуальные проблемы неорганической химии:
физико-химические аспекты создания материалов
с функционально активной поверхностью»**

**Программа лекций и тезисы
докладов участников**



Дом отдыха МГУ «Красновидово», 12-14 ноября 2021 г.



МАССОВЫЙ РАСХОД И ПЕРЕДАЧА ИМПУЛЬСА В НАНОПОРИСТЫХ МЕМБРАНАХ В ПРОМЕЖУТОЧНОМ РЕЖИМЕ ТЕЧЕНИЯ

Подголин С.К.*, Петухов Д.И.** , Лоймер Т.*** , Елисеев А.А. *

**Факультет наук о материалах МГУ имени М.В. Ломоносова,
119991, Москва, Россия, e-mail: s.podgolin@gmail.com*

*** Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова,
119991, Москва, Россия,*

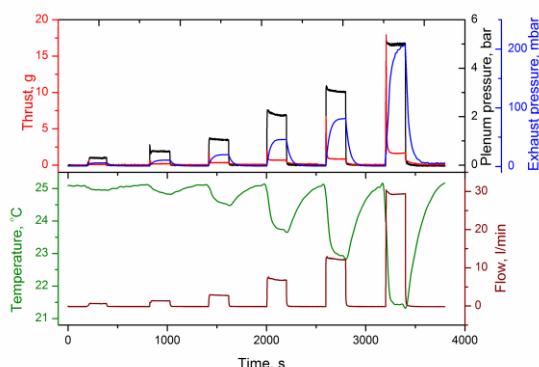
**** Институт механики жидкости и теплопередачи,
Венский технический университет,
1060 Вена, Австрия*

Взаимодействиям проникающих молекул с проницаемыми средами незаслуженно уделяется мало внимания в современных науках. В микрофлюидике и двигательных установках сопла и отверстия обычно рассматриваются без учета взаимодействия топлива со стенками отверстий, в то время как в мембранных науках предполагается, что пенетранты не должны передавать импульс мембранам. Между тем, в обеих этих областях тенденция непрерывного уменьшения размеров каналов до размеров, сопоставимых с длиной скачка молекулы или средней длиной свободного пробега, предполагает возрастающую роль взаимодействия частиц со стенками пор мембраны. С другой стороны, эти взаимодействия могут существенно повлиять на общий закон расширения газа. Действительно, любое столкновение молекулы со стенкой можно рассматривать как уравнивание температуры газа с локальной температурой стенки. Это становится особенно важным в области «промежуточного» течения, когда число столкновений газ–газ и газ–стена становится одного порядка. При этом, стенки могут обеспечить достаточно высокую теплопроводность с необходимой теплопередачей к потоку газа, чтобы достичь близкого к изотермическому расширению и повлиять как на импульс, так и на эффективность теплопередачи.

Таким образом, основной целью данной работы была экспериментальное исследование передачи импульса на нанопористых трековых мембранах с широким диапазоном размеров пор с использованием в качестве рабочего тела постоянных газов, при различных давлениях над и под мембраной.

Насколько нам известно, это первая работа, в которой представлены экспериментальные данные по передаче импульсов в наноканалах в переходных и свободномолекулярных режимах течения.

а)



б)

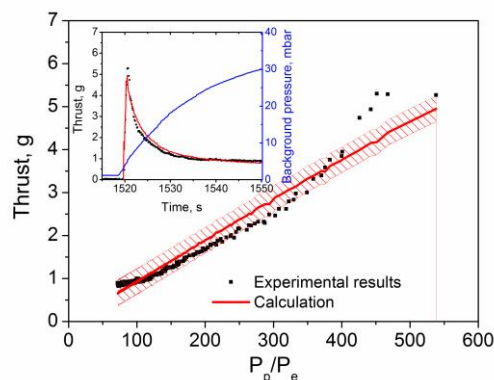


Рисунок 1- Общий вид экспериментальной кривой (а) и зависимость тягового усилия от трансмембранного давления (б)

В ходе работы было проведено экспериментальное исследование передачи импульса в нанопористых полимерных трековых мембранах с диаметром пор от 100 до 1300 нм и длиной наноканалов 12-20 мкм с использованием постоянных газов (He , N_2 , CO_2 и SF_6) в широком диапазоне давлений до и после мембраны. Массовый расход через мембраны был описан как комбинация диффузии Кнудсена и вязкого потока при числах Кнудсена выше 0,1 и становится критическим при более низких числах Кнудсена. Коэффициент разряда для полученных мембран составлял 0,6, что делало скорость течения газа аналогичной скорости течения в тонких отверстиях. Эффект объясняется зеркальным отражением молекул от стенок пор при малых углах падения. Установлено, что скорость истечения газа зависит от отношения входного давления к выходному давлению и отношения длины канала к диаметру, достигая 0,9 скорости расширения газа в вакуум (до 2 М). Близкое к изотермическому расширение происходит в наноканалах всех размеров. Приведено общее количественное описание расширения газа в наноканалах. Наибольшая тяга создается в режиме критического потока с газом SF_6 , и значение $4,5 \text{ Н см}^2$ достигается при расходе топлива $0,165 \text{ кг (см}^2 \text{ с)}^{-1}$ для мембран с диаметром пор 1300 нм. Для гелия достигается удельный импульс 138 с. Результаты показывают перспективы использования нанопористых мембран в двигательных установках на холодном газе.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-58-14003.

[1] S. K. Podgolin, D. I. Petukhov, T. Loimer, A. A. Eliseev // *Physical Chemistry Chemical Physics*. — 2021. — no. 23. — P. 17134–17141.