

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

(повне найменування вищого навчального закладу)

Фізичний факультет

(повне найменування інституту/факультету)

Кафедра теплофізики

(повна назва кафедри)

**Д и п л о м н а   р о б о т а**

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)


на тему: «Граничний шар контакту плазма- тверде тіло»

« The boundary layer of the plasma-solid contact »

Виконав: студент денної форми навчання

напряму підготовки: 6.040203 Фізика

Лисицький Володимир Павлович

Керівник д.ф.-м.н., проф. Драган Г.С. 

Рецензент д.ф.-м.н., доц. Полетаєв Н.И.

Рекомендовано до захисту:

Захищено на засіданні ДЕК № 1

Протокол засідання кафедри

протокол № 46 від 27.06.2017 р.


№ 20 від 13.06.2017 р.

Оцінка задовільно / E / 60

(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Завідувач кафедри

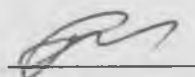
Голова ДЕК



Калінчак В.В.

Калинчак В.В.

(підпис)



(підпис)

Одеса – 2017

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
1. Механізми іонізації низькотемпературної плазми .....	4
1.1 Іонізація атомів і молекул.....	4
1.2 Термоелектронна емісія.....	5
1.3 Поверхнева іонізація атомів.....	8
2. Розподіл потенціалу в околиці заряджених частинок .....	14
2.1 Одновимірний випадок.....	23
2.2 Сферична симетрія .....	29
3. Енергетична структура контакту плазма- тверде тіло.....	35
3.1 Рівноважний контакт метал-плазма.....	35
Висновки.....	50
Література.....	51

## ВСТУП

Для дослідження нових джерел енергії та розвитку ресурсо та наукомістких технологій необхідні знання механізмів формування складних структур в гетерогенних системах. Прикладом таких систем може слугувати плазма, яка виникає при спалюванні натурального, газового, рідкого чи комбінованого палива з металізованими домішками.

Димова плазма включає в себе дві складаючі її фази: газову та конденсовану. Газова фаза включає в себе вільні електрони, іони та нейтральні атоми чи молекули. Конденсована фаза складається з продуктів згорання, які представляють собою оксиди металів, сажу, тощо. Розміри частинок можуть коливатися у межах від десятків нанометрів до декількох мікрон. За рахунок міжфазної взаємодії на поверхні частинок оксидів виникає надлишковий заряд, що викликає появу таких ефектів як зміщення іонізаційної рівноваги та виникнення упорядкованих структур.

Найбільш природний спосіб створення плазми полягає в тому щоб нагріти газ до високої температури. При цьому частки газу володіючи високою кінетичною енергією при зіткненні з нейтральними атомами зривають електрони з їх орбіт, газ іонізується і утворюється плазма.

У даній роботі ми розглянемо контакт плазми з різними середовищами в залежності від енергетичної структури твердих тіл, а саме контакт плазма-тверде тіло.

### Висновки

1. Проведено дослідження іонізаційних процесів в димовій плазмі та визначена їх роль у формуванні граничного шару у контакті плазма – тверле тіло.

2. Показано, що граничний шар навколо заряджених конденсованих частинок залежить від розподілу електростатичного потенціалу і складається із заряджених частинок – електронів та іонів.

*Масишкий В.П. 20*

## ЛІТЕРАТУРА

1. Вишняков В.И., Драган Г.С., Маргащук С.В. Межфазные взаимодействия в низкотемпературной плазме. // Химия плазмы. – М.: Энергоатомиздат. – 1990. – в.16. – С. 98-120.
2. Чесноков М.Н. Динамика образования и физические характеристики конденсированной дисперсной фазы в низкотемпературной плазме горения модельных алюминизированных топлив. // Дисс. ... д-ра физ.-мат. наук. Одесса. – 1986. – 404 с.
3. de Angelis U. Pair potential from structure data in dusty plasmas // Phys. Plasmas – 2001. - V. 8, No 5. – P. 751-752.
4. Avinash K. “Voids” and phase separation in complex (dusty) plasmas // Phys. Plasmas – 2001. – V.8, No 6. – P. 601-604.
5. Samsonov D., Ivlev A. V., Morfill G. E., Goree J. Long-range attractive and repulsive forces in a two-dimensional complex (dusty) plasma // Phys. Rev. E – 2001. – V. 63. - P. 254-257.
6. Драган Г. С., Мальгота А. А., Протас С. К., Смагленко Т. Ф., Соколов Ю. В., Чесноков М. Н. Экспериментальное исследование конденсированной дисперсной фазы продуктов сгорания твердого топлива // Тр. межд. научн.-техн. совещания по МГДЭС на угле. – Алма-Ата. – 1982. – С. 77-80.
7. Dragan G. S. Dusty and smoky plasmas // Ukr. J. Phys. – 2005. – V. 50, No 2. – P. 130-134.
8. Vishnyakov V. I., Dragan G. S. Electron and Ion Statistics in the Thermal Plasma with Condensed Phase // Ukr. J. Phys. – 2004. – V. 49, No 2. – P. 132-137.
9. Драган Г. С. Межфазные термодинамические взаимодействия в плазме продуктов сгорания // Вестник Одес. гос. ун-та. – 2003. – Т. 8. – В. 2: Физ.-мат. науки. – С. 163-185.
10. Vishnyakov V. I., Dragan G. S. Ionization Equilibrium in a Thermal Plasma-Solid Contact // Ukr. J. Phys. – 2004. – V. 49, No 3. – P. 229-235.

11. Vishnyakov V. I. Interaction of dust grains in strong collision plasmas: Diffusion pressure of nonequilibrium charge carriers // *Phys. Plasmas*. – 2005. – V. 12, No 10. – P. 103-150.

12. Чан П., Тэлбот Л., Турян К. Электрические зонды в неподвижной и движущейся плазме (теория и применение). – М.: Мир, 1978. – 201 с.

13. Vishnyakov V. I., Dragan G. S. Ordered spatial structures of dust grains in the thermal plasma // *Phys. Rev. E*. – 2006. – V. 73, No 2. – P. 26-40.

14. Bystrenko O., Zagorodny A. Screening of Dust Grains in a Weakly Ionized Gas. Effects of Charging by Plasma Currents // *Phys. Rev. E*. – 2003. – V. 67, No 6. – P. 403-444.

15. Vishnyakov V. I. Nonequilibrium Charge Carriers in Thermal Plasma-Metal Contact // *Ukr. J. Phys.* – 2006. – V. 51, No 4. – P. 352-357.

16. Pal' A. F., Starostin A. N., Filippov A. V. Charging of Dust Grains in a Nuclear-Induced Plasma at High Pressures // *Plasma Phys. Rep.* – 2001. – V. 27, No 2. – P. 143-152.

17. Фортов В. Е., Храпак А. Г., Храпак С. А., Молотков В. И., Петров О. Ф. Пылевая плазма // *УФН*. – 2004. – Т. 174, № 5. – С. 495-544.

18. Tsyтович V. N. Dust plasma crystals, drops and clouds // *Phys. Usp.* – 1997. – V. 40 (1). – P. 53-94.

19. Farouki W.T., Hamaguchi S. Thermodynamics of strongly-coupled Yukawa systems near the one-component-plasma limit. II. Molecular dynamics simulations // *J. Chem. Phys.* – 1994. – V.101, No. 11. – P. 885-893.

20. Hamaguchi S., Farouki R.T., Dubin D.H.E. Phase diagram of Yukawa systems near the one-component-plasma limit revisited // *J. Chem. Phys.* – 1996. – V.105, No. 17. – P. 641-647.

21. Hamaguchi S., Farouki R.T., Dubin D.H.E. Triple point of Yukawa systems // *Phys. Rev. E* – 1997 – V.56, No.4. – P. 671-682.

22. Mohideen U., Rahman H.U., Smith M.A., Rosenberg M., Mendis D.A. Intergrain Coupling in Dusty-Plasma Coulomb Crystals // Phys. Rev. Lett. – 1998. – V. 81, No. 2. – P.349-352.

23. Goree J., Morfill G. E., Tsytovich V. N., Vladimirov S. V. Theory of dust voids in plasma // Phys. Rev. E. – 1999. – V. 59, No 6. – P. 75-77

24. V.I. Vishnyakov, G.S. Dragan. Far interaction of smoke particles in thermal plasmas. // 30th eps conf. On contr. Fus. And plasma physics. – S.Peterburg. – 2003. - <http://eps2003.ioffe.ru/public/pdfs/p-4.119-pre.pdf>

25. Amiranashvili Sh.G., Gusein-zade N.G., Tsytovich V.N. Spectral properties of small dusty clusters. // Phys. Rev., E. – v. 64. – 407-433.