

# МЕТОДЫКА ВЫКЛАДАННЯ

## МЕТОДЫКА ВЫКЛАДАННЯ ФІЗІКІ

УДК 532.(07)

**С.М. Барайшук,**

*кандыдат фізіка-матэматычных навук,  
дацэнт кафедры інфарматыкі і асноў электронікі БДПУ;*

**І.У. Дзядзюля,**

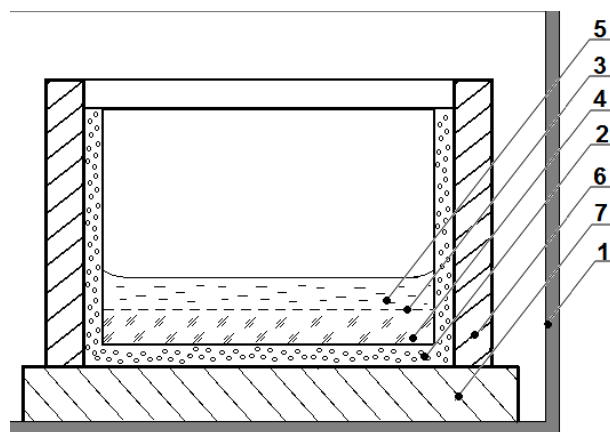
*кандыдат тэхнічных навук, дацэнт,  
намеснік дэкана фізічнага факультэта БДПУ*

### ЭКСПЕРЫМЕНТАЛЬНАЕ ВЫВУЧЭННЕ ЗМОЧВАННЯ ЦВЁРДЫХ ПАВЕРХНЯЎ ВАДКАСЦЯМІ Ў КУРСЕ АГУЛЬнай ФІЗІКІ

**Уводзіны.** Змочванне цвёрдых паверхняў вадкасцямі на фізічных факультэтах педагагічных ВНУ вывучаецца ў раздзеле «Малекулярная фізіка» курса агульнай фізікі. На лабараторных занятках, як правіла, двума-трыма спосабамі вызначаецца каэфіцыент паверхневага нацяжэння, які з'яўляецца адной з важнейшых характарыстык з'явы [1]. Намі прапанавана лабараторная работа, у якой вымяраецца краявы вугал змочвання на мяжы цвёрдая паверхня (вадкасць, якая не змешваецца з вадой), вада. Даследуемай паверхняй можа быць роўная гладкая паверхня пласціны з любога матэрыялу, як гідрафільнага, так і гідрафобнага. У рабоце студэнтам прапануецца даследаваць змочванне машынным маслам альбо нафтай паверхняў лёду і шкла. У першым выпадку працэс ідзе пры хатняй тэмпературы, а ў другім – пры тэмпературы плаўлення лёду ( $\approx 273$  K). Адначасова студэнты атрымліваюць навыкі пастаноўкі і ажыццяўлення фізічнага эксперыменту, які звязаны з ліквідацыяй наступстваў экалагічных катастроф. Сёння транспарціроўка нафты і нафтапрадуктаў ажыццяўляецца ў большай ступені па трубаправодах, якія нярэдка праходзяць па дне рэк і азёраў. Пры эксплуатацыі нафтаправодаў магчымы разрывы труб у розныя поры года. Калі гэта адбываецца ў зімовы перыяд, нафта пад льдом непасрэдна каля яго паверхні рухаецца па цяжэнні ракі. Існуюць розныя метады затрымання і

ўтылізацыі гэтай нафты. Але для эфектыўнага іх прымянення патрэбны прагноз яе руху. Прагноз жа, у сваю чаргу, патрабуе ведання некаторых фізічных характарыстык нафты, сярод якіх і вугал змочвання лёду нафтай пад вадой.

Для даследавання змочвання лёду яго неабходна прыгатаваць. Гэта робіцца ў маразільнай камеры бытавога халадзільніка (рысунак 1). Для таго каб паверхня лёду была роўнай, у ёмістасць з моцным і роўным дном 2 (рысунак 1) наліваецца слой вады ў 1,5–2 см. Працэс замярзання вады суправаджаецца пераахладжваннем да тэмпературы  $-4 \div -6$  °C і затым вельмі хуткім аб'ёмным расшырэннем. У выніку, лёд атрымліваецца бугрысты і з трэшчынамі. Вымярэнні раўнаважных вуглоў змочвання вадкасцю паверхні



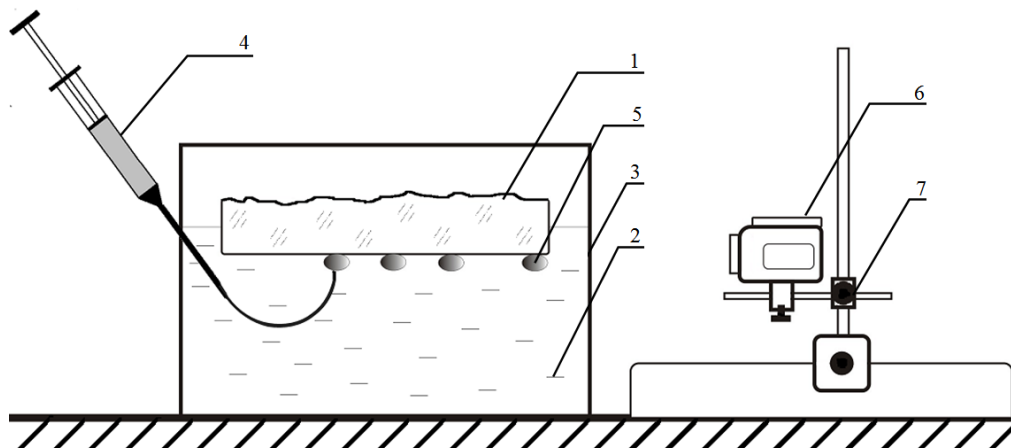
Рысунак 1

такога лёду не ўяўляецца магчымым. Атрымаць чысты і без трэшчын лёд для выкарыстання ў даследаваннях можна ў тым выпадку, калі фронт замярзання 3 або мяжа лёд 4 – вада 5 рухаецца раўнамерна знізу ўверх (рысунк 1). Для гэтага бакавыя сценкі ёмістасці заключаюцца ў цеплаізаляцыйную абалонку 6. Далей ёмістасць змяшчаецца на масіўную з высокай цеплаёмістасцю пліту 7, якая папярэдне ўстаноўлена ў маразільнай камеры. У такім выпадку ў вадзе, якая мяжуе з дном ёмістасці, дзякуючы моцнаму пераахладжванню даволі хутка ўзнікаюць першыя крышталі лёду. У астатнім аб'ёме тэмпература вады вышэй за тэмпературу замярзання, і з цягам часу фронт прамярзання раўнамерна рухаецца знізу ўверх да поўнага замярзання вады. Пасля заканчэння гэтага працэсу лёд дастаецца з ёмістасці, для чаго ёмістасць на кароткі час змяшчаецца ў цёплую вадку, а затым перакульваецца на 180°. Паверхня лёду, што кантактавала з дном ёмістасці, атрымліваецца роўнай і гладкай. Гатовая ледзяная пласціна змяшчаецца ў поліэтыленавы пакет і захоўваецца ў маразільнай камеры. Такім спосабам можна нарыхтоўваць у неабходных колькасцях лёд для выканання лабараторных работ.

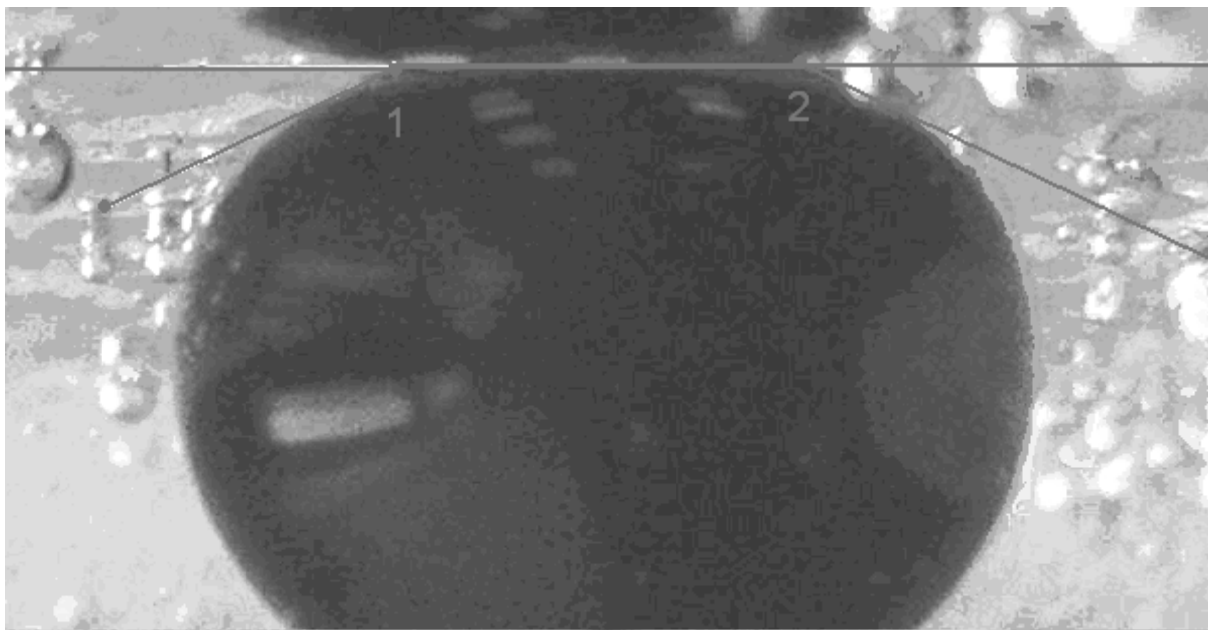
Вядома некалькі метадаў вымярэння вуглоў змочвання вадкасцямі цвёрдых паверхняў [2–3]. Як правіла, у гэтых метадах кропля вадкасці, якая наносіцца на паверхню, праецыруецца на экран, дзе фіксуецца яе выява, і затым праводзяцца неабходныя вымярэнні краявога вугла змочвання або памераў кроплі. У нашай рабоце выкарыстаны «Аўтаматызаваны комплекс для вымярэння раўнаважнага краявога вугла змочвання на плоскіх паверхнях», у распрацоўцы якога прымаў удзел адзін з аўтараў [4–5]. Па гэтай метадыцы выява кроплі, якая пасаджана на паверхню лёду, падаецца ў выглядзе лічбавых фота-

здымкаў (відэафрагментаў). Фотаздымкі апрацоўваюцца ў далейшым з дапамогай спецыяльна распрацаваных алгарытмаў, што дазваляе знізіць хібнасць вымярэнняў да 1%. Работа ўскладняецца тым, што кроплю неабходна ўводзіць у вадку пад лёд. Схема доследу пададзена на рысунку 2. Лёд 1 змяшчаецца ў запоўнены вадой 2 шкляны рэзервуар 3, які мае форму паралелепіпеда. Папярэдне вада ў рэзервуары ахаладжваецца да тэмпературы блізкай 0 °С. Для гэтага ў вадку змяшчаюцца кавалкі лёду адвольнай формы, якія паступова расплаўляюцца ў вадзе і не замяняюць вымярэнням. Паколькі шчыльнасць лёду меншая за шчыльнасць вады, то даследуемая ледзяная пласціна плавае ў напўпагружаным стане. Ёмістасць устанаўліваецца на паверхні лабараторнага стала гарызантальна, што не дазваляе кроплі дрэйфаваць уздоўж паверхні лёду. З дапамогай адмыслова выгнутай доўгай медыцынскай іголки і шпрыца 4 кроплі нафты або тэхнічнага алею 5 ўводзяцца пад лёд. Пад дзеяннем сілы Архімеда яны прыціскаюцца да яго паверхні. Затым выбіраецца адна з кропель і фатаграфуецца лічбавай відэакамерай або лічбавым фотаапаратам 6, які мацуецца на лабараторным штатыве з дапамогай механізма тыпу «ластаўчын хвост». Механізм дазваляе плаўна перамяшчаць фотаапарат па вертыкалі і дакладна сумаць апытную вось аб'ектыва апарата з мяжой падзелу лёд – вадкасць. Выява кроплі ў лічбавым фармаце ўводзіцца ў камп'ютар для правядзення вымярэнняў непасрэдна вуглоў змочвання.

Пры даследаванні змочвання шкла падрыхтоўка і правядзенне доследу значна спрашчаецца. Чыста вымытае шкло апускаецца ў вадку і ўкладваецца на адмысловы падстаўкі. А далей усё як і пры даследаванні змочвання лёду. Доследы праводзяцца пры пакаёвай



Рысунк 2



Угол1	Угол2	Ср. знач.
154,45369945456	154,31877406662	154,38623676059
2,69572559736784	2,693337070510376	2,6945481512358

Рысунак 3

тэмпературы. Выкарыстанне шкла дазваляе студэнту адпрацаваць навыкі вымярэнняў перад тым, як прыступіць да больш складанай часткі работы. Прычым у гэтай частцы час правядзення вымярэнняў вугла змочвання цвёрдых паверхняў вадкасцямі, якія не змешваюцца з вадой, не абмежаваны працэсам плаўлення лёду. Студэнт не спяшаючыся фатаграфуе выбраныя кроплі вадкасці, якія сілай Архімеда прыціснуты да цвёрдай паверхні.

Раўнаважны краявы вугал змочвання вымяраецца аўтаматычна. Спецыяльна распрацаваная праграма Angle апрацоўвае выявы сістэмы кропля – падложка – асяродак такім чынам, што кожны з пунктаў выявы супастаўляецца адной з трох груп (вада, нафта, лёд). Аператар (студэнт) пры рабоце з гэтай праграмай павінен візуальна вызначыць пункт, у які праекцыруецца лінія трохфазнага кантакту на плоскасці. Пасля гэтага праграма Angle аўтаматычна будзе прамую, якая вызначае становішча паверхні ўзору, што даследуецца (у дадзеным выпадку пагружаную ў ваду паверхню лёду або шкла), будзе датычныя да паверхні кроплі і вымярае вугал паміж імі. На рысунку 3 пададзены знешні выгляд справаздачы праграмы аб выніках вымярэння краявых вуглоў для кроплі нафты пад лёдам.

Для даследаванняў прапануюцца два сарты нафты: адзін з іх – з Рэчыцкага радовішча ў Беларусі, другі – з Сургуцкага радовішча ў Сібіры. Дослед паказвае, што вуглы змочвання лёду беларускай нафтай ( $156,55^{\circ}$ , замерыныя па левому меніску, і  $149,91^{\circ}$  – па правому) меншыя, чым вуглы змочвання лёду сургуцкай нафтай ( $158,06^{\circ}$  і  $156,64^{\circ}$  адпаведна). Гэта азначае, што сургуцкай нафтай лёд змочваецца горш, чым беларускай, пры тым, што, згодна з вынікамі эксперыменту, абедзве нафты пад вадой лёд змочваюць вельмі кепска. Значэнні вуглоў змочвання паказваюць, што ў выпадку рэальнай аварыі нафта пад лёдам слізгае па цячэнні ракі ўздоўж паверхні лёду. Пры гэтым, нягледзячы на тое, што змочванне лёду сургуцкай нафтай горшае, чым беларускай, вязкасць яе, наадварот, меншая. Пры жаданні заўседы можна студэнтам прапанаваць па адной з метадык [1]: вызначыць вязкасць абодвух гатункаў нафты і параўнаць іх. Прапанованая лабараторная работа носіць яскрава выражаны даследчы характар. Скарыстаная сучасная тэхналогія вымярэння раўнаважных вуглоў змочвання, якая дазваляе гэта рабіць з вельмі высокай дакладнасцю, спрыяе развіццю творчых навыкаў у студэнтаў.

## ЛІТАРАТУРА

1. Общая физика. Практикум: учеб. пособие / В.А. Бондарь [и др.]; под общ. ред. В.А. Яковенко. – Минск: Вышэйшая школа, 2008. – 572 с.
2. Способ определения краевого угла смачивания: патент № 9197 на С1 ВУ, G 01 N 13/02 / В.В. Савич, Н.А. Шипица, Л.П. Пилиневич. Заявл. 10.06.2004. Зарег. В Гос. реестре изобретений 25.01.2007.
3. Измерительный комплекс для контроля краевого угла смачивания на плоских поверхностях: патент № 2167 на U ВУ, G 01N 13/02. / В.В. Савич, Н.А. Шипица, Д.И. Игнатъевич. Заявл. 29.12.2004. Зарег. В Гос. реестре изобретений 01.06.2005.
4. Барайшук, С.М., Ташлыков, И.С. // Известия вузов. – Серия Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – Москва, 2008. – С. 30–35.
5. Автоматизированный комплекс для измерения равновесного краевого угла смачивания на плоских поверх-

ностях: пат.7074 Респ. Беларусь, МПК G 01N 13/00 и 20100661 / И.С. Ташлыков, С.М. Барайшук, М.А. Андреев, Е.П. Макаревич; заявитель Бел. гос. пед. ун-т. – № и 20100661; заявл. 21.07.2010; опубл. 28.02.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр. інтэлектуал. Уласнасці. – 2011. – С. 216.

## SUMMARY

*The methods of experimental studying the phenomenon of wetting during the laboratory physical practical work entering the course of general physics of pedagogical universities are discussed in the article. Laboratory results in the course of which performance of measuring the wetting corner of ice surface or any other firm substance surface are not mixing up with water.*

Паступіў ў рэдакцыю 17.05.2011.