

Научно – истраживачки рад

Научна област: физика

**ОДРЕЂИВАЊЕ ЗАВИСНОСТИ ТАЧКЕ КЉУЧАЊА ТЕЧНОСТИ ОД
ПРИТИСКА И ФАЗНИ ПРЕЛАЗИ**

**DETERMINING THE BOILING POINT OF LIQUID WITH VARIABLE
PRESSURE AND PHASE TRANSITIONS**

Аутор:

БОРИС ШЕВАРИКА

ученик 7. разреда Основне школе “Драгојло Дудић” и полазник Регионалног центра за
таленте – Београд II

Ментори:

др **Милеса Срећковић**

др **Милена Давидовић**

Милан Прокић

Београд, 2011

РЕЗИМЕ

Циљ овог рада је анализа тачака кључања различитих течности и њихова зависност од притиска. Упоредјивана је зависност температуре кључања течности (чија је температура кључања приближна 100°C) од притиска. Израчунате су температуре кључања воде у току једне недеље у Београду које су зависне од промена атмосферског притиска. Сам експеримент је обављан на води и добијене су потребне вредности ваздушног притиска на којима је вода кључала почев од температуре тачке кључања на нормалном атмосферском притиску до температуре од 40°C . Резултати добијени експериментом као и рачунањем су приказани графички и табеларно. Анализиране су и различите методе за опис (мерење) фазних прелаза.

Кључне речи: фазни прелаз, притисак, тачка кључања, вода, зависност

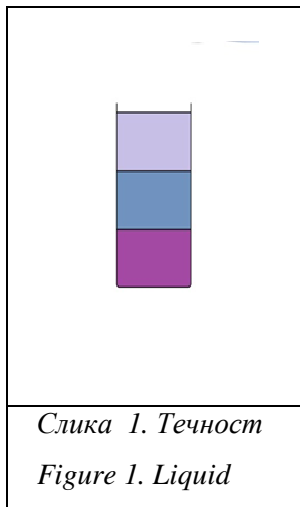
SUMMARY

ТЕОРИЈСКИ УВОД

1.a О самом притиску

Природа притиска је веома сложена. По природи он је тензор [4]. Притисак нормално делује на површину [4] и због тога се може дефинисати као количник силе и површине на коју сила нормално делује. Он се може представити поједностављеном формулом:

$$P = \frac{F}{S} = \rho g h \quad (1)$$



F је сила која нормално делује на површину, S површина на коју сила делује нормално, ρ густина гаса, g убрзање Земљине теже, које просечно износи $9,806 \frac{m}{s^2}$ и h висина гаса изнад тела на који делује притисак. Када се изнад површине налази више слојева флуида (слика 1) притисак се рачуна тако што се саберу притисци сваког од слојева. Формула укупног притиска је:

$$P_u = \frac{\rho_1 h_1 g_1 s_1}{s_1} + \frac{\rho_2 h_2 g_2 s_1}{s_1} + \frac{\rho_3 h_3 g_3 s_1}{s_1} \quad (2)$$

где је P_u укупан притисак, ρ густина флуида, h висина флуида, g убрзање Земљине теже које при мањим висинама просечно износи $9,806 \frac{m}{s^2}$ и s површина флуида.

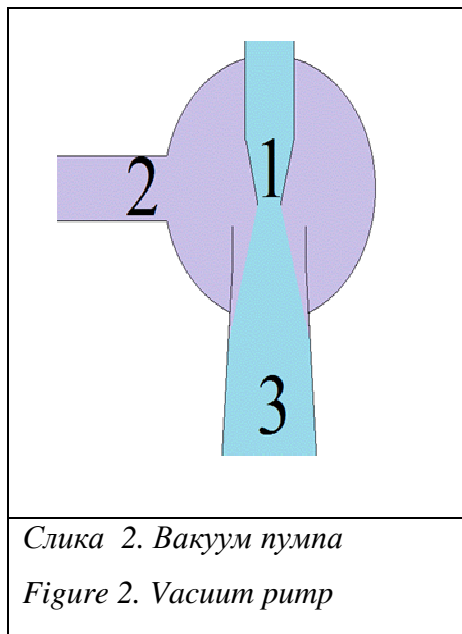
Табела 1. Убрзања Земљине теже у зависности од географске ширине

Table 1. Gravitational acceleration by latitude

Географска ширина	Убрзање Земљине теже [$\frac{m}{s^2}$]
00°	9,7800
30°	9,7935
45°	9,8060
60°	9,8190
90°	9,8325

У првој колони Табеле 1 су приказане географске ширине од којих зависи убрзање Земљине теже [5] које је приказано у другој колони Табеле 1.

1.6 Мерење и остваривање притиска у просторији



Слика 2. Вакуум пумпа
Figure 2. Vacuum pump

Притисак се остварује и мери великим бројем начина и мерних метода. За стварање мањих потпритисака се користи водена вакуум пумпа. Ефикасност рада пумпе је сразмерна брзини истицања воде из млазника (слика, бр. 2) [2]. Она ствара вакуум тако што се вода из водовода пусти да великом брзином пролази кроз узак део на врху млазника који се наставља на конусну цев (слика 2, бр. 3). Млазник се налази у стакленом балону који је стакленом цеви (слика 2, бр. 2) спојен са посудом у којој треба снизити притисак. По Бернулијевој

једначини је притисак на улазу у конусну цев снижен [2] и у тај део вакуум пумпе пристиже ваздух из апаратуре који бива избачен због брзине млаза воде из апаратуре. Брзина истицања воде из млазника се може израчунати формулом:

$$v = \sqrt{2gh} \quad (3)$$

где је v брзина истицања, g убрзање Земљине теже које износи $9,81 \frac{m}{s^2}$ и h висина флуида.

1.6 Утицај притиска на процес кључања

Молекули течности се унутар ње крећу хаотично, у свим правцима и смеровима. Само површински молекули великих брзина напуштају течност на температурама нижим од тачке кључања, док спорији молекули не могу да напусте течност на нижим температурама због дејства кохезионих сила, силе ваздушног притиска и хидростатичког притиска [2]. Смањивањем силе ваздушног притиска се смањује и укупна сила која држи молекуле заједно и спречава њихов одлазак у атмосферу. Уколико је притисак довољно низак велики број молекула ће и при мањим брзинама

испаравати из чега следи да ће и сама тачка кључања бити на нижој температури. Температура тачке кључања на одређеном притиску се изражава као нелинеарна функција.

1.2 Тројна тачка

Тројна тачка је тачка на графику зависности тачке кључања течности од притиска на којој се та течност може наћи у три агрегатна стања (течном, чврстом и гасовитом) при само малим разликама у вредностима температуре и притиска. Тројне тачке течности се могу наћи на различитим температурама, али је код већине њих тројна блиска температури тачке топљења при атмосферском притиску. Тројна тачка воде се налази на температури од $0,01^{\circ}\text{C}$ ($273,16\text{ K}$) и притиску од $610,60\text{ Pa}$. Температура тројне тачке воде се означава са $T_3 = 273,16\text{ K}$ [4].

1.3 Фазни прелази

Фазни прелази су представљени на графику зависности фазних прелаза материјала од притиска. Они представљају прелазак материјала из једног агрегатног стања у друго. Табелом 2 су приказани називи фазних прелаза и њихови супротни процеси (ресублимација, топљење...).

Табела 2. Називи фазних прелаза

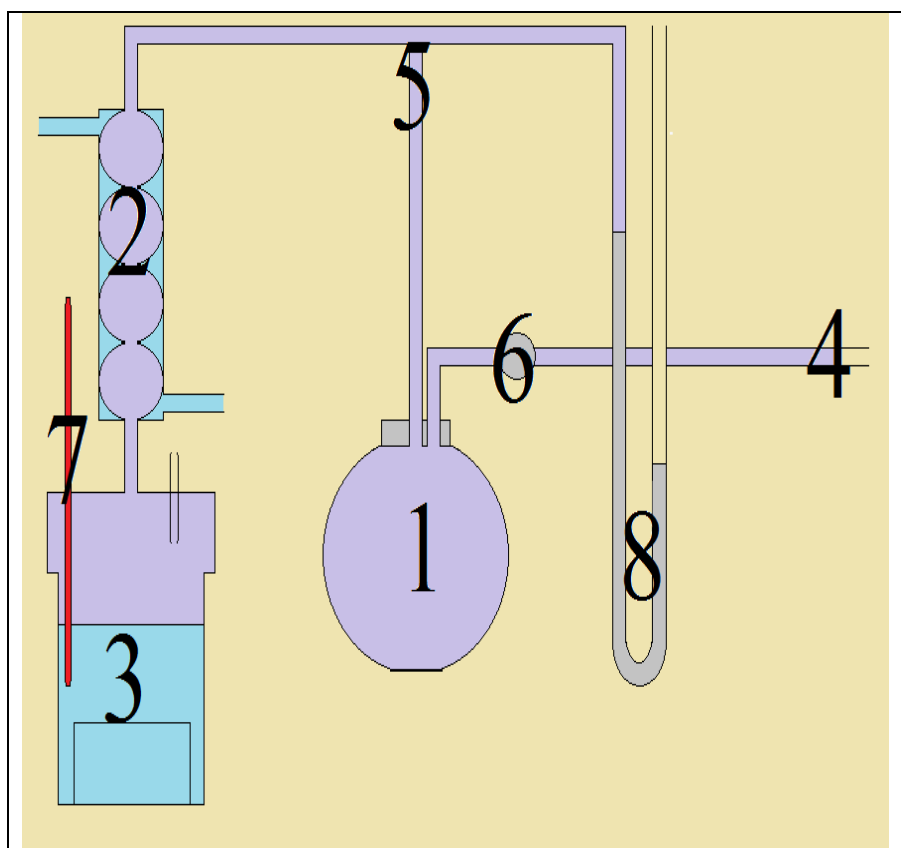
Table 2. The names of phase transitions

	Чврсто	Течно	Гасовито	Плазма
Чврсто		топљење	сублимација	
Течно	смрзавање		испаривање	
Гасовито	ресублимација	кондензација		јонизација
Плазма			неутрал. јона	

Фазним прелазима се мењају физичке особине супстанце. При прелазу из једног у друго агрегатно стање долази до великих промена, које нису подједнако изражајне код

свих материјала, у густини молекула материјала, боји, чврстоћи... Код материјала кристалне грађе се мењају и растојања између јона који је чине, као и нагибни угао између њих.

ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТА

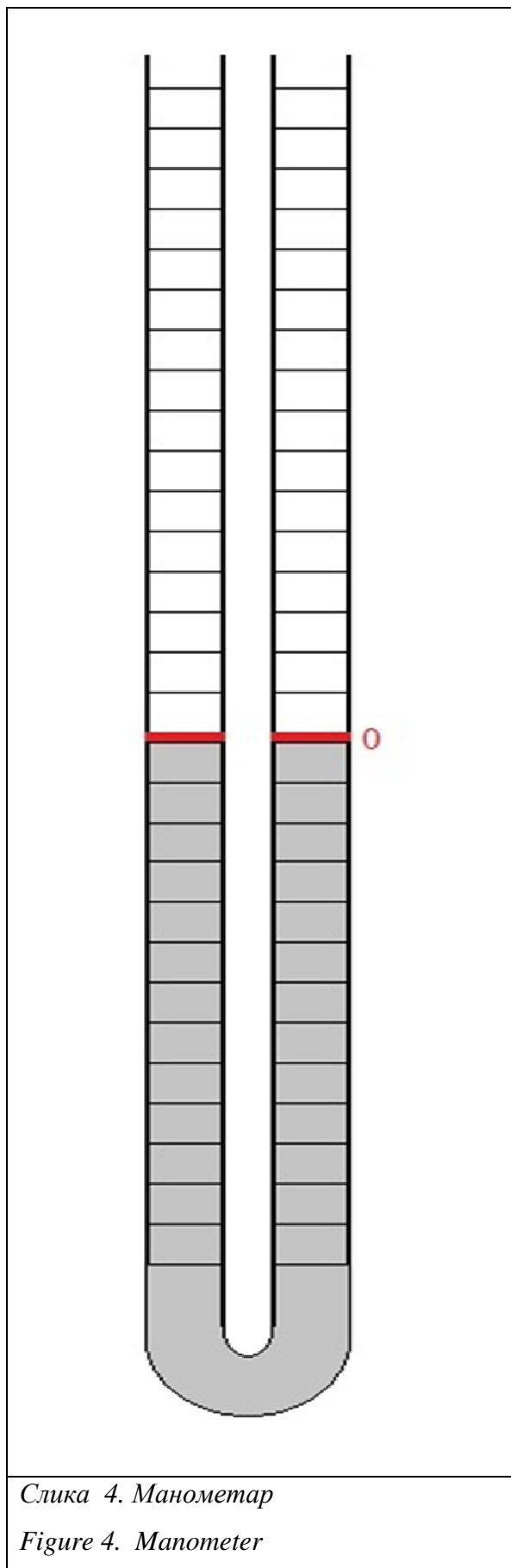


Слика 3. Апаратура за одређивање зависности кључања течности од притиска

Figure 3. Apparatus for determining the dependence of the pressure boiling liquid

Експеримент је обављан у Заводу за физику техничких факултета у Београду. Експериментом је добијен график зависности тачке кључања воде од притиска. На слици 2 је приказана апаратура за снимање тачке кључања воде у зависности од притиска. Бројеви означавају делове апаратуре овим редом: 1 помоћни балон; 2 кондензатор;

3 посуда са водом и грејачем; 4 вакуум пумпа; 5 место спајања помоћног балона и кондензатора; 6 вентил за прецизно контролисање брзине вакуумирања; 7 “U” манометар; 8 термометар. У експерименту се вода у посуди загреје до температуре



тачке кључања на нормалном атмосферском притиску и потом се искључи грејач и затвори цевчица која спаја воду са атмосфером. У тренутку достизања потребне температуре вода почиње да кључа (испарава по целој запремини). Након тога се укључи вакуум пумпа, која почиње да смањује притисак. Кључањем воде настаје водена пара која почиње да се пење ка кондензатору. У кондензатору пара прелази у течно агрегатно стање. Кондензована пара се поново враћа у посуду са водом али на доста нижој температури од воде која и даље кључа и на тај начин је хлади. Овим поступком вода из посуде постаје хладнија. Када температура воде постане нижа, вентил којим се контролише вакуумирање, се отвори да би вакуум пумпа снижавала притисак и у самој посуду са водом. При нижој температури вода и даље кључа јер се притисак константно смањује. Док вода кључа на све нижим вредностима притиска мери се температура тачке кључања на живином термометру и очитава се на „U” манометру, приказаном на слици 3, висинска разлика у нивоима живиног стуба коју записујемо, одузимамо од висине живиног стуба коју очитамо на барометру и касније вредност притиска из mmHg (милиметара живиног стуба) претварамо у kPa (килопаскале).

РЕЗУЛТАТИ

3.a Вредности притиска

Експериментом су добијене вредности притиска у облику разлике нивоа живиног стуба “U” манометра. Висинска разлика се одузима од висине живиног стуба у барометру. Добијене вредности се претварају у Pa формулом:

$$1\text{mmHg} = \rho h g = 13595 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,001 \text{ m} \cdot 9,80665 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 133,32 \text{ Pa} \quad (4)$$

где је ρ густина живе h у овој формули 1 mm и g убрзање Земљине теже. Формула је добијена тако што се притисак у mmHg напише формулом за притисак чији се резултат добија у паскалима. Узевши да је $h = 1 \text{ mm}$ добија се да је притисак од 1 mmHg $\approx 133,32 \text{ Pa}$.

Табела 3. Резултати мерења тачке кључања и притиска

Table 3. The results of measuring the boiling point and pressure

Мерење	Висинска разлика живиног стуба	Температура	Притисак
1.	0 mmHg	100°C	100,78992 kPa
2.	330 mmHg	90°C	56,79432 kPa
3.	460 mmHg	80°C	39,46272 kPa
4.	640 mmHg	70°C	15,46512 kPa
5.	695 mmHg	60°C	8,13252 kPa
6.	715 mmHg	50°C	5,46612 kPa

Из табеле 2 се види да су тачке кључања директно зависне од притиска. У табели су у првој колони приказани редни бројеви мерења, у другој колони висинска разлика у нивоима живиног стуба „U” манометра у mmHg, у трећој колони је приказана температура тачке кључања у °C при вредности притиска који је приказан у четвртој колони табеле 1 у kPa.

3.6 Зависност тачака кључања од атмосферског притиска

Помоћу формуле израчунате су промене температуре кључања у току једна недеље (од 03.04.2011 до 10.04.2011). Мале промене ваздушног притиска утичу на промену температуре тачке кључања и то се види из табеле 2.

Табела 4. Температура кључања и атмосферски притисак

Table 4. Boiling temperature and atmospheric pressure

Дани у недељи	Ваздушни притисак	Температура кључања
Понедељак	1014 hPa	100,024°C
Уторак	1021 hPa	100,237°C
Среда	1024 hPa	100,328°C
Четвртак	1021 hPa	100,237°C
Петак	1013 hPa	99,994°C
Субота	1012 hPa	99,963°C
Недеља	1017 hPa	100,115°C

3.6 График зависности температуре тачке кључања

Уношењем вредности притиска из четврте колоне табеле 1 и температуре из треће колоне табеле 1 је помоћу компјутерског програма Matlab исцртан график број 1. Температуре тачке кључања су нанете на x осу координатног система, док је притисак тачке кључања нанет на y осу координатног система табеле 1. Графиком је представљена нелинеарна функција зависности температуре тачке кључања воде од притиска. На графику су приказане тачке кључања од температуре тачке кључања на нормалном атмосферском притиску (100°C) до 40°C које су зависне од притиска. На левој страни криве је представљена вода у течном агрегатном стању, док је на десној страни криве вода у гасовитом агрегатном стању (водена пара).

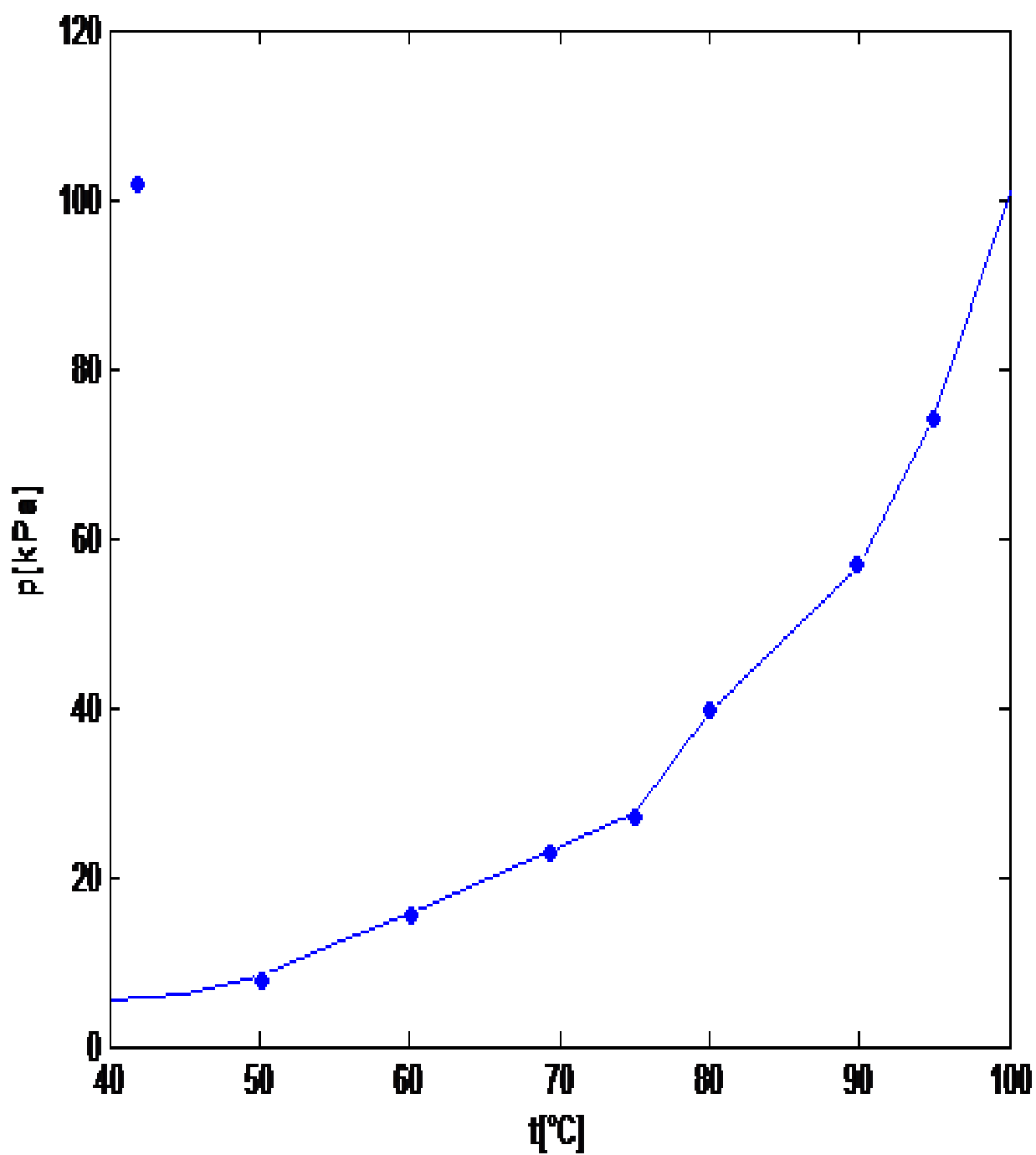


График 1. Зависност тачке кључања о притиска

Chart 1. The dependence of the pressure boiling point

ЗАКЉУЧАК

Добијеним резултатима је показано како притисак утиче на процес кључања. Могуће је мерити зависност температура свих фазних прелаза (смрзавање, сублимација, јонизација) од притиска, али је то неизводљиво у тренутним условима. График зависности температуре тачке кључања воде од притиска није неограничена функција, већ се завршава у критичној тачки (критична топлота, критична густина). При прелазу из једног агрегатног стања у друго долази до великог расејања светлости и промена отпорности. Било би занимљиво поредити резултате зависности тачке кључања дестиловане и чесменске воде која поред саме воде у себи садржи и минерале. У 21. веку људи су почели да чувају резерве воде на Земљи. Исправност пијаће воде се редовно мери због одређивања њеног квалитета и садржаја. Поред многобројних загађивача, који могу нарушити њену исправност све већу претњу представља и радијација, која прети да загади светски океан.

Табела 5. Значајне тачке различитих супстанци

Table 5. Important spots of different materials

Супстанца	Температура топљења	Температура кључања
Вода	0,000	100,00
Ацетон	-94,90	56,530
Хелијум	-268,93	-272,2
Жива	-38,78	356,73
Гвожђе	1535,0	2750,0
Алуминијум	660,32	2519,0
Олово	327,46	1749,0
Платина	1768,0	3825,0
Бакар	1084,4	2567,0

Табелом су показане тачке топљења и кључања супстанци. Из ње се може закључити да су значајне тачке метала на значајно већим температурама него код других супстанци.

Захвалница

Захваљујем се директору Завода за физику техничких факултета проф. др Предрагу Осмокровићу на обезбеђивању лабораторијског простора, као и проф. др Милеси Срећковић на саветима при извођењу експеримента и обезбеђивању литературе.

Литература

- [1] Izdavački tim Parramón Ediciones, Školski atlas fizike I hemije, Kreativni centar, Beograd
- [2] В. Вучић, Основна мерења у физици, Научна књига, Београд, 1982
- [3] Д. Станковић, П. Осмокровић, Практикум лабораторијских вежби из физике, Завод за физику техничких факултета Универзитета у Београду, Београд, 2005
- [4] Redaktori V. Georgijević, B. Stanić, K. Nikolić, Predavanja iz fizike, Tehnicki fakulteti univerziteta u Beogradu, Beograd, 2005