МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи з фізики

“ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ В ДІЕЛЕКТРИКАХ”

для студентів 2-го курсу денної та заочної форм навчання
всіх спеціальностей

Затверджено
на засіданні методичної комісії
природоохоронного факультету
прот. № _____від “__” ----------2017 р.
Голова_____Чугай А.В.

Затверджено
на засіданні кафедри загальноЇ та
теоретичної фізики
прот. № _____від “__” ----------2017 р.
Зав.каф._____Герасимов О.І.

Одеса 2017

Методичні вказівки до лабораторної роботи з фізики „Електричне поле в діелектриках”для студентів 2-го курсу денної та заочної форм навчання Одеса, ОДЕКУ, 2017р., 14 с. укр. мова

Укладач: доц. Курятников В.В., старш.наук.співробітник Василенко В.С.

Відп.редактор: зав. каф. загальної і теоретичної фізики, доктор фіз.-мат. наук, професор Герасимов О.І.

Лабораторна робота Е2.

ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ В ДІЕЛЕКТРИКАХ

Мета роботи – вивчити властивості діелектриків, визначити діелектричну проникність речовини,

У результаті виконання роботи студент повинен:

знати характерні властивості різних типів діелектриків, що описують їхні фізичні величини, зв'язки між ними й одиниці виміру;

вміти розрахувати і виміряти діелектричну проникність речовини.

Лабораторне устаткування: вимірник добротності Е4-4, плоский конденсатор,

пластина діелектрика, штангенциркуль, мікрометр.

Теоретичні відомості

Діелектриками (ізоляторами) називаються речовини, не здатні проводити електричний струм. Ідеальних ізоляторів у природі не існує. Усі речовини хоча б у незначному ступені проводять електричний струм. Однак речовини, що називаються діелектриками, проводять електричний струм у 10^{15}—10^{20} разів гірше, ніж речовини, які називаються провідниками.

Якщо діелектрик внести в електричне поле, то це поле і сам діелектрик перетерплюють істотні зміни. Це відбувається тому, що кожна молекула являє собою систему електричних зарядів, якими є позитивно заряджені ядра і негативно заряджені електрони. Сумарний заряд молекули дорівнює нулю.

Поле, що створюється подібною системою, визначається величиною й орієнтацією дипольного електричного моменту **р.** Таким чином, молекула речовини подібна диполю. Позитивний заряд цього диполя дорівнює сумарному заряду ядер і знаходиться в «центрі ваги» позитивних зарядів; негативний заряд дорівнює сумарному заряду електронів і знаходиться в «центрі ваги» негативних зарядів. У симетричних молекул (таких як H_2, 0_2, N_2) під час відсутності зовнішнього електричного поля центри ваги позитивних і негативних зарядів збігаються. Такі молекули не мають власного дипольного моменту і називаються **неполярними.** У несиметричних молекул (таких, наприклад, як CO, NH, HC1 і т.п.) центри ваги зарядів різних знаків не співпадають. У цьому випадку молекули мають власний дипольний момент і називаються **полярними**. Під дією зовнішнього електричного поля заряди в неполярній молекулі зміщаються один щодо іншого: позитивні у напрямку поля, негативні проти поля. У результаті молекула набуваєає дипольного моменту, величина якого пропорційна напруженості поля **Е.**

Процес поляризації неполярної молекули протікає так, ніби позитивні і негативні заряди молекули були зв'язані один з одним пружними силами. Тому говорять, що неполярна молекула поводиться в зовнішньому полі як пружний диполь.

Дія зовнішнього поля на полярну молекулу зводиться до прагнення повернути молекулу так, щоб її дипольний момент установився у напрямку поля. На величину дипольного моменту зовнішнє поле практично не впливає. Отже, полярна молекула поводиться в електростатичному полі як жорсткий диполь.

Поляризація діелектриків. Механізми поляризації діелектриків різні і залежать від характеру хімічного зв'язку в молекулах. Відповідно до цього розрізняють різні типи діелектриків: 1) неполярні, 2) полярні, 3) іонні кристали, 4) сегнетоелектрики.

Діелектрики, що складаються з неполярних молекул, називаються **неполярними**, а їхня поляризація називається **електронною**.

Звичайно під час відсутності зовнішнього електричного поля дипольні моменти молекул діелектрика або дорівнюють нулю (неполярні молекули), або розподілені по напрямках у просторі хаотичним чином (полярні молекули). В обох випадках сумарний дипольний момент діелектрика дорівнює нулю. Під дією зовнішнього поля діелектрик поляризується. Це означає, що результуючий дипольний момент діелектрика стає відмінним від нуля. Як величину , що характеризує ступінь поляризації діелектрика, природно взяти дипольний момент одиниці об'єму. Щоб охарактеризувати поляризацію в даній точці, потрібно виділити фізично нескінченно малий об’єм V, що містить в собі цю точку, знайти суму дипольних моментів **p** молекул, які знаходяться в цьому об’ємі, і поділити її на цій об’єм. Отримана векторна величина **P** називається **поляризованістю** діелектрика. В ізотропних діелектриках будь-якого типу поляризованість пропорційна напруженості поля в тій же точці

$$P = \kappa\varepsilon_o E , \qquad (1)$$

де κ - діелектрична сприйнятливість таких діелектриків, ε_o-електрична стала системи одиниць СІ, $\varepsilon_o = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

У випадку діелектриків, побудованих з полярних молекул (вода, спирти, деякі пластмаси), дії зовнішнього поля противиться тепловий рух молекул, що прагне розкидати їхні дипольні моменти в усіх напрямках. У результаті встановлюється деяка переважна орієнтація дипольних моментів молекул у напрямку поля. Така поляризація називається **орієнтаційною**, а діелектрики такого типу називаються **полярними**. Статистичні розрахунки та досвід показують, що поляризованість пропорційна напруженості поля, тобто приводять до формули (1). Діелектрична сприйнятливість таких діелектриків обернено пропорційна абсолютній температурі.

В **іонних кристалах** окремі молекули втрачають свою відособленість. Весь кристал являє собою як би одну гігантську молекулу. Решітку іонного

кристала можна розглядати як дві вставлені одна в одну решіток, одна з яких утворена позитивними, а інша негативними іонами. При дії на іони кристала зовнішнього поля обидві решітки зрушуються друг щодо друга, що приводить до поляризації діелектрика.

Електрична індукція D. Поле в діелектрику є суперпозицією поля $\mathbf{E}_{стор}$ сторонніх зарядів, і поля $\mathbf{E}_{зв}$ зв'язаних зарядів. Результуюче поле в діелектрику характеризують вектором **D** електричного зміщення (електричної індукції).

$$\mathbf{D} = \varepsilon_0 \mathbf{E} + \mathbf{P} = \varepsilon\varepsilon_o \mathbf{E}, \qquad (2)$$

де ε – діелектрична проникність речовини, що характеризує поляризацію діелектриків під дією електричного поля і входить у закон Кулона як величина, що показує, у скільки разів сила взаємодії між двома вільними зарядами у діелектрику менше, ніж у вакуумі. З формул (1) і (2) :

$$\varepsilon = 1 + \kappa \qquad (3)$$

В анізотропних діелектриках напрямки **P и E,** не завжди збігаються. У цьому випадку зв'язок між **P** і **E** (чи **D** і **E**) описується сукупністю дев'яти величин ε_{ik}, що утворять симетричний тензор 2-го рангу, який називається тензором діелектричної сприйнятливості (діелектричної проникності). Ці тензора характеризують електричні властивості анізотропного діелектрика.

Відзначимо також, що лінійна залежність між **E** и **P** має місце лише в не занадто сильних полях.

Сегнетоелектрики відрізняються від інших діелектриків характерними властивостями:

1. У той час як у звичайних діелектриків ε дорівнює кілька одиниць, досягаючи у виді виключення декількох десятків (у води, наприклад, ε=81), діелектрична проникність сегнетоелектриків буває порядку декількох тисяч.

2. Залежність **P** від **E** не є лінійною (крива 1 на Рис.1). Отже, діелектрична проникність виявляється залежною від напруженості поля.

3. При змінах поля значення **P** (а отже, і зміщення **D**) відстають від напруженості поля **E**, у результаті чого **P** и **D** визначаються не тільки величиною **E** в даний момент, але і попередніми значеннями **E**, тобто залежать від передісторії діелектрика. Це явище називається гістерезисом (від грецького «гістерезис» — запізнювання). При циклічних змінах поля залежність **P** від **E** відповідає зображеній на малюнку кривій, яка називається петлею гістерезису. При первісному включенні поля поляризованість росте із збільшенням **E** у відповідності з кривою3. Зменшення **P** відбувається по кривій 2 на Рис.1.

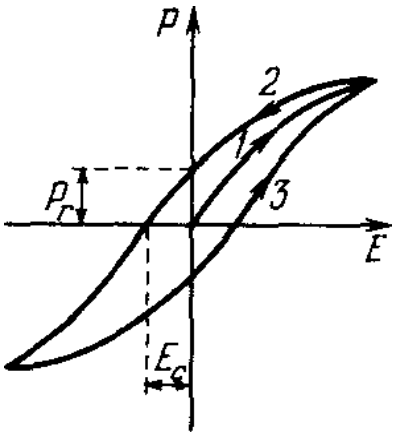

Рис.1 Петля гістерезису.

При досягненні **Е** нуля речовина зберігає значення поляризованості $P_г$, яке називається залишковою поляризованістю. Тільки під дією протилежно спрямованого поля напруженості E_c поляризованість досягає нуля. Це значення напруженості називається коерцитивною силою. При подальшій зміні **Е** поляризація описується кривою 3 петлі гистерезису , і т.д.

Поводження поляризованості сегнетоелектриків аналогічно поводженню намагніченості феромагнетиків. З цієї причини сегнетоелектрики називають іноді фероелектриками.

Сегнетоелектриками можуть бути тільки кристалічні речовини, причому такі, у яких відсутній центр симетрії. Так, наприклад, кристали сегнетової солі належать до ромбічної системи. Взаємодія частинок у кристалі сегнетоелектрика приводить до того, що їхні дипольні моменти спонтанно встановлюються паралельно один одному. У виняткових випадках однакова орієнтація дипольних моментів поширюється на весь кристал. Звичайно ж у кристалі виникають області, у межах кожної з яких дипольні моменти паралельні один одному, однак напрямки поляризації різних областей бувають різні, отже результуючий момент усього кристала може дорівнювати нулю. Області спонтанної поляризації називаються також **доменами**. Під дією зовнішнього поля моменти доменів повертаються як ціле, установлюючись вздовж напрямку поля.

Для кожного сегнетоелектрика є температура, при якій речовина втрачає незвичайні властивості і стає нормальним діелектриком. Ця температура називається точкою Кюрі. Сегнетова сіль має дві точки Кюрі: —15°С и +22,5°С, причому вона веде себе як сегнетоелектрик лише в температурному інтервалі, обмеженому зазначеними значеннями. При температурі нижче — 15°С и вище +22,5°С електричні властивості сегнетової солі звичайні.

Діелектрики в змінному полі. Якщо поле **Е** швидко змінюється за часом, то поляризація **Р** не встигає за ним. Між коливаннями **Р** и **Е** з'являється різниця фаз δ. Діелектричну проникність у цьому випадку предтавляють комплексною величиною: $\varepsilon = \varepsilon' + i\varepsilon''$, причому ε' і ε" залежать від частоти змінного електричного поля ω_0. В постійному електричному полі $\varepsilon'' = 0$, а $\varepsilon = \varepsilon'$.

У змінних електричних полях високих частот (оптичний діапазон)

властивості діелектриків прийнято характеризувати показниками заломлення n і поглинання k (замість ε' і ε″). Перший дорівнює відношенню швидкостей поширення електромагнітних хвиль у діелектрику й у вакуумі. Показник поглинання k характеризує загасання електромагнітних хвиль у діелектрику. Комплексний показник заломлення дорівнює ň = n (1+ ik). Показник поглинання k характеризує загасання електромагнітних хвиль у діелектрику. Комплексний показник заломлення дорівнює ň = n (1+ ik).

Експериментальна частина

Для визначення відносної діелектричної проникності речовини **ε** використовується те, що вона пов'язана з ємкістю $\mathbf{C_\varepsilon}$ плоского конденсатора, у якому простір між обкладаннями заповнений досліджуваним діелектриком співвідношенням:

$$C_\varepsilon = \varepsilon\varepsilon_o S/d \,, \qquad (4)$$

де S - площа пластини $\boldsymbol{\varepsilon_0} = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м діелектрична постійна вакууму, d – відстань між пластинами плоского конденсатора. Ємкість $C_в$ цього ж конденсатора без діелектрика:

$$C_в = \varepsilon_o S/d \,. \qquad (5)$$

Звідки

$$\varepsilon = C_\varepsilon/C_в. \qquad (6)$$

Виміри ємності здійснюються резонансним методом на вимірнику добротності Е4-4 (Рис.2).

Хід виконання роботи

Хід вимірів ємності здійснюється в наступному порядку:

1) До клем L_X (т.е. 6, 7, Рис.2) приладу на верхній його панелі підключите допоміжну котушка індуктивності L = 2 mH (міліГенрі), діапазон частот якої відповідає потрібним вимірюванням. Тим самім ви створили послідовний LC-контур, утворений котушкою індуктивності L = 2 mh і вимірником кондесатором приладу (дивися Рic.2). Далі паралельно конденсатору ви підключатимете досліджуваний зразок.

2) Ручкою “Ємність” встановите ємність C_0 вимірювального конденсатора на максимум ($430 \le C_0 \le 460$ pF).

3) Натисненням кнопки " Частота" виберіть частотний діапазон роботи вимірника добротності (Q-метру). Частотній діапазон вказаний в таблиці на передній панелі приладу. Наприклад, для індуктивності 1mH < L < 10 mH знаходимо по таблиці на передній стінці приладу частоту252,5 kHz (кГц - кілогерц). Та натискаємо кнопку III на перемикачі діапазонів, оскільки при цьому включається діапазон частот від 140 kHz до 280 kHz, так що 140 кГц < 252,5 кГц < 280 кГц.

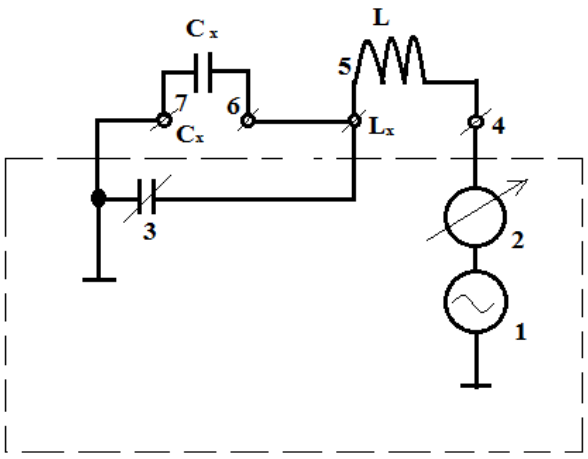

Рис.2. Схема виміру ємності конденсатора резонансним методом на вимірнику добротності (Q-метрі) Е4-4.

1 – вбудований генератор високочастотних електричних коливань з перемикачем частотних діапазонів і шкалою з частотою коливань, що задається,

2 – індикатор добротності (при вимірах стрільця приладу виводиться на максимум),

3 – вимірювальна ємність приладу (у pF, т.е у 10^{-12} Ф) з двома шкалами: значення від 0 до 10 pf прочитуються проти годинникової стрілки з шкали годинного типа і підсумовуються з десятками і сотнями з шкали барабанного типа,

4 і 5 – клеми L_X для підключення допоміжної індуктивності,

6 і 7 клеми C_X для підключення вимірюваного зразка - конденсатора.

4) Здійсните початкове ***настроювання контуру пріладу в резонанс за допомогою ручки регулювання частоти генератора Q-метру***. Почніть виміри, виставивши значення 30 на перемикачі "межі Q". Ручку "Частота" крутите так, щоб стрілка приладу все більше відхилялася управо. При тому, що зашкалює стрілка Q- метру, загрубляете "межі Q", виставляючи більше значення. Максимальний струм через через послідовний LC-контур і максимальне відхилення стрілки приладу досягаються при рівності за величиною індуктивного опору еталонної котушки і ємнісного опору вимірювальної ємності приладу. При цьому вимірник ємності показує резонансне значення C_0 для цієї частоти f і індуктивності L. Сотні і десятки pF відлічіть за шкалою барабанного типу. До них додайте одиниці і десяті долі pF, відлічені проти годинникової стрілки за шкалою годинного типу. Виміряне значення резонансної частоти f і резонансне значення ємності C_0 запишіть в звіт.

5) Досліджувану плоскопаралельну ємність C_ε с диэлектриком между пластинами підключити до клем приладу паралельно (рис.2) вимірювальному конденсатору проведіть ***настроювання контуру в резонанс на тій же частоті f шляхом зміни ємності вимірювального конденсатора.*** Почніть виміри, виставивши значення 30 на перемикачі "межі Q". Ручку "Частота" крутите так, щоб стрілка приладу все більше відхилялася управо. При тому, що зашкалює стрілка Q- метру, загрубляете "межі Q", виставляючи більше значення. Максимальний струм через через послідовний LC-контур і максимальне відхилення стрілки приладу досягаються при рівності за величиною індуктивного опору еталонної котушки і ємнісного опору батареї конденсаторів, яка складається з вимірювальної ємністі приладу і включеного паралельно її досліджуваному плоскопаралельному конденсатору, що заповнений діелектриком з невідомою відносною діелектричною проникністю ε. Резонансное значение измерительной ёмкости C_1 запишіть в звіт .

6) Досліджувану плоскопараллельну ємність $C_в$ без диэлектрика між пластинами підключаєте до клем приладу паралельно (рис.3) вимірювальному конденсатору і удруге проводите ***настроювання контуру в резонанс на тій же частоті f шляхом зміни ємності вимірювального конденсатора.*** Почніть виміри виставивши значення 30 на перемикачі "межі Q". Ручку "Ємність, pF" крутите у бік зменшення ємності так, щоб стрілка приладу все більше відхилялася управо. При тому, що зашкалює стрілки Q- метру загрубляете "межі Q", виставляючи більше значення. Максимальний струм через зразок і максимальне відхилення стрілки приладу досягаються при рівності за величиною індуктивного опору еталонної котушки і ємнісного опору батареї конденсаторів, яка складається з вимірювальної місткості приладу і включеного паралельно їй досліджуваному плоскопаралельному конденсатору з повітряним зазором. Резонансне значення вимірювальної ємкості C_2 запишіть в звіт.

7) Зафіксуйте положення дротів, що підводять, і відключите одну з пластин плоскопаралельного конденсатора від вимірювального ланцюга. Проведіть втретє вимір резонансної ємкості C_3 з підключеним паралельно паразитним конденсатором з дротів $C_{пр}$, що підводять., аналогічно пп.5 або 6. Резонансне значення вимірювальної ємкості C_3 запишіть в звіт.

Таким чином, в студентському звіті записані значення:

f – частота, на якій проведені виміри;

C_0 – задане резонансне значення ємкості (430 - 460 pf);

C_1 - резонансне значення вимірювальної ємкості, при паралельному подключениии плоскопаралельного конденсатора, плоськопаралельного конденсатора, заповненого речовиною з невідомою відносною діелектричною проникністю **ε.**

C_2 - резонансне значення вимірювальної ємкості, при паралельному подключеніїі плоськопаралельного конденсатора з повітряним зазором.

C_3 - резонансне значення вимірювальної ємкості при паралельному підключенні паразитного конденсатора, утвореного дротами.

Резонансний струм спостерігається при рівності по величині індуктивного опору котушки L і батареї конденсаторів, утвореної вимірювальним конденсатором і досліджуваним конденсатором (Рис.2). Зрозуміло, що у всіх вимірах для однакових L і f значення резонанснаой ємкості батареї конденсаторів, освіченою вимірювальною ємкістю і підключеним досліджуваним конденсатором, буде одним і тим же.

Наприклад, при підключенні одних дротів (п.7):

$$C_0 = C_3 + C_{пр} . \qquad (7)$$

Звідки

$$C_{пр} = C_0 - C_3 . \qquad (8)$$

При паралельному підключенніри $C_{пр}$ и $C_в$ (п.6)

$$C_0 = C_2 + C_в + C_{пр}, \qquad (9)$$

звідки

$$C_в = C_3 - C_2 . \qquad (10)$$

Аналогічно отримаємо вираження для ємкості конденсатора, заповненого діелектриком (п.5):

$$C_ε = C_3 - C_1 . \qquad (11)$$

Підставивши набутих значень в (6), отримаємо для відносної діелектричної проникності:

$$ε = (C_3 - C_2)/(C_3 - C_1) \quad . \qquad (12)$$

Якщо нехтувати ємкістю дротів, то отримаємо

$$ε \approx (C_0 - C_2)/(C_0 - C_1) \quad . \qquad (13)$$

- Розрахуйте по формулах (8) - (12) значення $C_в$, $C_ε$, $C_{пр}$, ε і наближене значення ε. Запишіть в протокол.

- Виміріть розміри плоского конденсатора і розрахуйте ємність плоскопаралельного конденсатора з повітрям між пластинами. Запишіть в протокол.

- У виводах відповідайте на питання:

а) яке значення відносної діелектричної проникност?

б) чи залежить значення ? від від прийнятої моделі опису явища?

в) чи відрізняється розрахункове значення ємкості плоскопаралельного конденсатора, заповненого повітрям від $C_в$, чому?

Контрольні питання

1) Що називається діелектричною проникністю?
2) Які типи поляризації ви знаєте?
3) Як пов'язані між собою поляризованість та електрична індукція?
4) Які діелектрики називають сегнетоелектриками та в чому полягає явище гістерезису?
5) Як пов'язані між собою діелектрична сприйнятливість та діелектрична проникність?
6) В яких випадках діелектричну проникність потрібно записувати у тензорному вигляді ?
7) Виміряти розміри плоского конденсатора, розрахувати його ємкість по формулі (5) і порівняти з величиной $C_в$, розрахованою по формулі (10)
8) В чому суть метода вимірювання діелектричної проникності?
9) В чому полягає принцип роботи приладу "Вимірювач добротності".
10) Чи залежить точність розрахунків від прийнятої моделі опису явища?

ЛІТЕРАТУРА

1. Савельев И. В. Курс физики. т., 2. - М.: Наука, 1982.
2. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. -Київ,Техніка 1999.
3. Трофимова Т.И. Курс физики.- М. Наука 1994.
4. Детлаф А., Яворський Б. Н. Курс физики. - М.: Вища школа, 1989.
5. Волькенштейн В. С. Сборник задач по курсу общей физики. М.: Наука, 1985.
6. Трофимова Т.И. Сборник задач по физике. -М: Наука , 1999.

Порядок оформлення та захисту роботи

1.Напередодні виконання лабораторної роботи студентам потрібно ознайомитися з методичними вказівками до роботи, вивчити матеріали теми, на яку планується робота.
2.Усі записи акуратно виконати в зошиті. Підготувати таблиці для запису даних вимірювання. Робочий зошит мати при себе на кожному лабораторному занятті, а також при захистах робіт.

3.Роботи виконуються бригадами з 2-3 студентів.
4.Допуск на виконання роботи дає викладач після індивідуальної співбесіди з студентом і перевірки ступеня його підготовленості до роботи.
5.Результати вимірювань заносяться до таблиць і показуються викладачеві під час занять.
6.За даними вимірювань студент виконує відповідні розрахунки.
7.На тому ж занятті чи на наступному занятті студент повинен підготувати і захистити звіт до роботи.
8.Звіт потрібно оформляти на окремих подвійних листах.
9.Звіт повинен містити теоретичну частину, дані вимірювань і результати розрахунків.
10.Студент, що має дві незахищені роботи, до наступної роботи не допускається.

Правила техніки безпеки та охорони праці

Згідно існуючих нормативних документів, зокрема "Положення про організацію роботи з охорони праці учасників навчально-виховного процесу в установах і закладах освіти", затвердженого наказом Міністерства освіти і науки України №563 від 01.08.2001р., в навчальній лабораторії фізики розроблені та діють правила техніки безпеки та охорони праці, які доводяться до студентів перед початком проведення лабораторних занять.

Перед початком першого заняття викладач, що веде лабораторні заняття дає студентам інструктаж з правил охорони праці та оформлює його підсумки у відповідному журналі.

Студентам перед початком лабораторних робіт потрібно розписатися в журналі під тим, що з правилами поведінки і техніки безпеки в лабораторії вони ознайомилися і зобов'язуються їх виконувати.

Студенти, що порушують правила техніки безпеки і правила поведінки в лабораторії, звільняються від виконання робіт.

Особливості техніки безпеки в лабораторії пов'язані з наявністю джерел напруги. В звязку з цим основні правила роботи, які потрібно виконувати:
1.Перед включенням приладів потрібно перевірити справність електричної схеми. Встановити ручки регуляторів напруги в нульове положення.
2.Після включення у розетку вилки приладу потрібно включити спочатку низьку напругу і напругу 220 В.
3.Потім потрібно плавно вивести напругу високовольтного блоку живлення на потрібну величину.
4.При зникненні напруги мережі привести прилад в початковий стан,

установивши регулятори напруги в нульове становище, і докласти про це викладачу.
5.Прилади, що підлягають заземленню, повинні бути надійно заземленими.
6.Після закінчення вимірювань потрібно вимкнути всі прилади, привести в порядок своє робоче місце і здати його лаборанту.

КАТЕГОРИЧНО ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ

1.Торкатися до елементів електросхеми і провідників напруги.
2.Ремонтувати, розбирати і перевіряти електричну схему під час роботи приладу при включеній напрузі.
3.Включати в мережу несправні прилади, а також прилади, технічний стан яких не перевірений.
4.Приносити до лабораторії їжу і напої. Під час перерви, як і під час занять, їсти і пити в лабораторії радіоекології.
5.Курити під час всього проведення лабораторної роботи.
6.Заходити в лабораторію в пальто.
7.Забороняється вільне ходіння в лабораторії без потреби.
8.Виходити і входити до лабораторії під час занять без дозволу викладача.
9.Залишати без догляду прилад, що знаходиться під напругою.
10.Допускати до роботи з апаратурою і приладами сторонніх осіб.
11.Працювати без інструктажу з техніки безпеки.
12.Забороняється самочинно включати прилади і джерела напруги без дозволу керівника.

Методичні вказівки до лабораторної роботи з фізики „Електричне поле в діелектриках” для студентів 2-го курсу денної та заочної форм навчання. Одеса, ОДЕКУ, 2017р., 14 с. укр. мова.

Укладачі: доц. Курятников В.В., старш.наук.співробітнік Василенко В.С.

Відп.редактор: зав. каф. загальної і теоретичної фізики, доктор фіз.-мат. наук, професор Герасимов О.І. Герасимов О.І.

Підп. до друку Формат Папір друк.
Умовн. друк. арк. Тираж Зам №

Одеський державний екологічний університет
65016, м.Одеса, вул. Львівська, 15
Надруковано з готового оригінал-макета