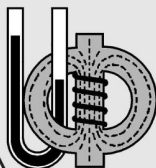


ISSN 2307-5457

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ОБРАЗОВАНИЯ

*Primus  
inter pares*



**УЧЕБНАЯ  
ФИЗИКА**

Материалы XXVII Всероссийской  
научно-практической конференции

«Учебный физический эксперимент:  
Актуальные проблемы. Современные  
решения»

Июль - сентябрь 2022 №3

Издается с января 1997 года

## СОДЕРЖАНИЕ

### Основная школа

- Е. И. Вараксина      НОВИЗНА В УЧЕБНОМ ПРОЕКТЕ  
И. И. Мышкин      ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ МОДЕЛИ  
УНИПОЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ..... 3

### Старшая школа

- Б. А. Мукушев      ОБУЧЕНИЕ ШКОЛЬНИКОВ СОСТАВЛЕНИЮ  
ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ ..... 7
- В. В. Майер      УЧЕБНАЯ МОДЕЛЬ ТРУБЫ ГАЛИЛЕЯ  
К. М. Курбоналиев      Дидактическое исследование:  
физико-технический этап ..... 17

### Высшая школа

- С. М. Кокин      ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА  
С. Г. Стоюхин      «ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ  
С. В. Мухин      МЕТАЛЛА МЕТОДОМ ОХЛАЖДЕНИЯ» ..... 28
- В. В. Майер      ГЕНЕРАТОР И ИНДИКАТОР ДЛЯ УЧЕБНЫХ  
Е. И. Вараксина      ОПЫТОВ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ... 34  
И. А. Васильев

### Компьютер в эксперименте

- С. В. Марков      ИЗМЕРЕНИЕ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ  
В ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА  
С ПОМОЩЬЮ МИКРОСХЕМЫ ADE7757 И  
МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЙ ПЛАТЫ ARDUINO UNO... 41

## Науковедение

Ю. А. Сауров	О ТЕМАХ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ .....	53
--------------	---	----

## Исследования

Е. И. Вараксина	ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ УЧЕБНОГО ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА .....	61
-----------------	---	----

АВТОРЫ ЖУРНАЛА .....	67
----------------------	----

ABSTRACTS .....	68
-----------------	----

---

### Редакция журнала:

В. В. Майер (главный редактор), Р. В. Акатов, Е. И. Вараксина, Л. С. Кропачева

### Редакционный совет:

В. Е. Антонов	д.ф.-м.н., с.н.с., ИФТТ РАН, МГУ, Москва
Л. Д. Григорьева	к.ф.-м.н., доцент, МГУ, Москва
С. С. Назин	к.ф.-м.н., доцент, МГУ, Москва
Г. Г. Никифоров	к.п.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
А. Ю. Пентин	к.ф.-м.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
Ю. А. Сауров	д.п.н., профессор, член-корр. РАО, Киров
Э. В. Суворов	д.ф.-м.н., профессор, ИФТТ РАН, МГУ, Москва
Я. А. Чиговская-Назарова	к.филол.н., доцент, ректор ГГПИ, Глазов

### Оргкомитет конференции:

М. Д. Даммер	д.п.н., профессор, Челябинск
П. В. Зуев	д.п.н., профессор, Екатеринбург
Н. Я. Молотков	д.п.н., профессор, Тамбов
Ф. А. Сидоренко	д.ф.-м.н., профессор, Екатеринбург
Т. Н. Шамало	д.п.н., профессор, Екатеринбург

**Адрес редакции, издателя и типографии:** 427621, Удмуртия, Глазов, Первомайская, 25, Пединститут, Телефон: (341 41) 5-32-29.

*E-mail: kropa@bk.ru*

---

**Учредитель:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Глазовский государственный педагогический институт имени В. Г. Короленко»

Журнал «Учебная физика» зарегистрирован Комитетом Российской Федерации по печати 4 февраля 1997 года, регистрационный № 015686, перерегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 2 мая 2017 года, ПИ № ФС77-69506.

Использование и перепечатка материалов допускаются только по договоренности с редакцией журнала.

Сдано в набор 01.11.22. Подписано в печать 19.12.22. Дата выхода в свет: 23.12.22. Формат 60 × 90 1/16. Усл. печ. л. 4,25.

Заказ 153. Тираж 200 экз. Цена свободная.

**Первая страница обложки:** Определение напряжения, вырабатываемого электрофорной машиной, по длине искры между шаровыми электродами (см. статью: Майер В. В., Вараксина Е. И. Искровой вольтметр для измерения высокого напряжения // Учебная физика. — 2021. — № 3. — С. 3–10).

УДК 372.853

В. В. Майер, Е. И. Варакина, И. А. Васильев  
ГЕНЕРАТОР И ИНДИКАТОР ДЛЯ УЧЕБНЫХ  
ОПЫТОВ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Описаны конструкция и технология самостоятельного изготовления микро-мощного излучателя и чувствительного индикатора электромагнитного излучения. Приборы работают в разрешенном для радиолюбительских экспериментов дециметровом диапазоне (433 МГц).

*Ключевые слова:* электромагнитное излучение, дециметровый диапазон, 433 МГц, микромощный генератор, чувствительный индикатор.

Потребовалось несколько лет, чтобы конструкции излучателя и индикатора микромощного электромагнитного излучения частотой 433 МГц [1, 2] довести до уровня, обеспечивающего постановку основной серии известных учебных опытов с электромагнитными волнами [3]. В этой статье представлено краткое описание указанных учебных приборов и технологии их изготовления. Принципиальные схемы этих приборов просты и доступны для понимания обучающимися, поэтому они остались неизменными и для удобства читателя здесь воспроизводятся. Технология изготовления излучателя и индикатора проиллюстрирована фотографиями, которые наглядно показывают, как можно сделать эти приборы. Мы стремились изложить материал так, чтобы учитель мог без особых затруднений использовать его для организации проектной деятельности любознательных и активных школьников.

### 1. Принципиальная схема генератора

На рис. 1.1 изображена принципиальная схема передатчика FS1000A. Генератор передатчика собран на транзисторе Q1 типа 2SC3356 или 2SC3357, его частота 433,92 МГц стабилизирована ПАВ-резонатором SAW типа R433. Катушка L2 в некоторых модулях отсутствует. Транзистор Q2 является ключом для импульсной манипуляции высокочастотным сигналом, и в демонстрационном генераторе не используется. Чтобы передатчик излучал немодулированную волну указанной частоты, его вход DATA нужно соединить с положительным полюсом источника питания VCC. Вместо антенны W, для подключения которой на

модуле имеется гнездо, следует использовать полуволновой диполь  $W1$ . Включатель  $SA1$  используется для включения и выключения источника питания генератора.

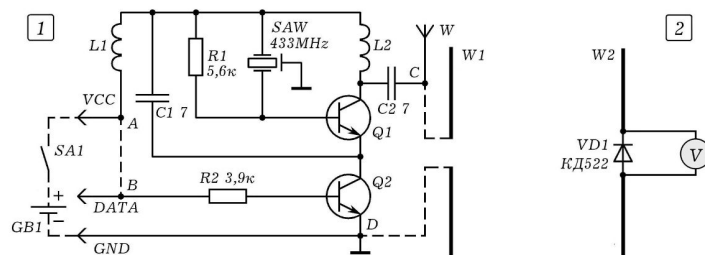


Рис. 1. Принципиальные схемы приборов: 1 — микромощный передатчик; 2 — детекторный приемник электромагнитного излучения частотой 433 МГц

Несущая частота описанного передатчика 433 МГц; напряжение питания может быть любым в пределах 3–12 В; потребляемый ток 8–40 мА; выходная мощность 10–25 мВт в зависимости от напряжения питания.

Таблица 1

Спецификация компонентов генератора

Компонент	Название компонента и его параметры
<i>FS1000A</i>	Беспроводной передатчик <i>FS1000A</i> , несущая частота 433 МГц, напряжение питания 3–12 В, сила потребляемого тока 8–40 мА, мощность излучения 10–20 мВт.
<i>SA1</i>	Кнопка с фиксацией <i>PB21E06087-07</i> (аналог <i>PSW-3</i> и <i>PSM-6-0-0</i> ).
<i>GB1</i>	Элемент питания <i>6F22</i> на 9 В (Крона).
$W1$	Полуволновой диполь: два прямых медных провода диаметром 1,5 мм и длиной 170 мм.
Контейнер	<i>TBH-9V-A-P (FC1-5356)</i> , батарейный отсек для «Кроны».

Чтобы сразу после сборки передатчика убедиться в его работоспособности, можно использовать детекторный приемник, нагруженный на мультиметр в режиме вольтметра (рис. 1.2).

**2. Принципиальная схема индикатора**

Для демонстрационных опытов необходим такой индикатор, который показывает сам факт наличия электромагнитного излучения и позволяет на глаз оценить его интенсивность. С этой целью можно использовать усилитель постоянного тока, нагруженный на светодиод. Существует немало схем усилителей, при-

годных для решения этой задачи. Но учителю для опытов нужен простой и надежный усилитель с однополярным питанием от такого же источника, какой есть у генератора. Задача будет решена, если за основу индикатора взять недавно разработанный универсальный усилитель постоянного тока для школьного гальванометра [4].

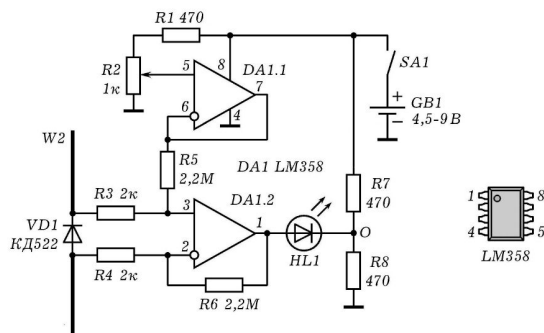


Рис. 2. Принципиальная схема чувствительного индикатора электромагнитного излучения; справа приведена цоколевка микросхемы *LM358*

Таблица 2  
Спецификация компонентов индикатора

Компонент	Название компонента и его параметры
<i>DA1</i>	<i>LM358P</i> двухканальный операционный усилитель с однополярным питанием, 3–32 В [ <i>DIP</i> -8].
<i>VD1</i>	Диод импульсный <i>КД522</i> , полный аналог 1N4148.
<i>HL1</i>	Светодиод <i>LA484VC-D</i> круглый 5×5 мм, красный, 1000 мкд, 80°, линза прозрачная; максимальное прямое напряжение 2,4 В.
<i>R1, R7, R8</i>	Резистор постоянный 470 Ом (желтый–фиолетовый–коричневый).
<i>R2</i>	Резистор переменный 1 кОм, <i>16K1-A1K, L20KC</i> .
<i>R3, R4</i>	Резистор постоянный 2 кОм (красный–черный–красный).
<i>R5, R6</i>	Резистор постоянный 2,2 МОм (красный–красный–зеленый).
<i>SA1</i>	Кнопка с фиксацией <i>PB21E06087-07</i> (аналог <i>PSW-3</i> и <i>PSM-6-0-0</i> ).
<i>GB1</i>	Элемент питания <i>6F22</i> на 9 В (Крона).
<i>W2</i>	Полуволновой диполь: два прямых медных провода диаметром 1,5 мм и длиной 170 мм.
Контейнер	<i>TBH-9V-A-P (FC1-5356)</i> , батарейный отсек для «Кроны».

На рис. 2 приведена принципиальная схема рекомендуемого прибора. На резисторах *R1* и *R2* собран делитель напряжения питания, потенциометр *R2* которого позволяет регулировать вы-

ходное напряжение делителя в пределах от 0 до 6 В. На операционном усилителе  $DA1.1$  выполнен повторитель напряжения, задаваемого переменным резистором  $R2$ . Это напряжение через резистор  $R5$  подается на неинвертирующий вход операционного усилителя  $DA1.2$ , на котором собран дифференциальный усилитель сигнала, снятого с диода  $VD1$ . Резисторы  $R3$  и  $R4$  определяют входное сопротивление усилителя, а резистор  $R6$  задает величину обратной связи. Светодиод  $HL1$  включен между выходом операционного усилителя  $DA1.2$  и искусственным нулем схемы  $O$ , который создан делителем напряжения, состоящим из резисторов  $R7$  и  $R8$ .

Никакого налаживания эта схема не требует и всегда работает безупречно. Оба операционных усилителя  $DA1.1$  и  $DA1.2$  находятся в одном восьмиштырьковом корпусе, цоколевка которого приведена на рис. 2 рядом со схемой. Поэтому сборка индикатора никаких затруднений не вызовет. Нужно, однако, помнить, что сопротивления пар резисторов  $R3$  и  $R4$ ,  $R5$  и  $R6$ ,  $R7$  и  $R8$  должны быть одинаковы, отношение  $R5/R3 = R6/R4$  определяет коэффициент усиления, и сопротивление  $R1$  должно быть в два раза меньше, чем  $R2$ . Схема совершенно не критична к номиналам деталей, их можно изменять в разы.

Для проверки работоспособности этой схемы лучше всего использовать универсальную панель для сборки электронных устройств без пайки. Получится внешне некрасивая, но вполне работоспособная конструкция. Расположив пробный индикатор рядом с генератором, нужно убедиться, что оба прибора работают. Используя их, можно провести всю серию опытов с электромагнитными волнами дециметрового диапазона.

### 3. Конструкция генератора и индикатора

Разрабатывая окончательную конструкцию учебных приборов, следует иметь в виду, что техника развивается стремительно и любая конструкция быстро устаревает. Поэтому неразумно пытаться делать учебный прибор, надеясь на то, что он будет работать десятки лет. Всегда лучше предельно простая конструкция электронного устройства, которая позволяет легко и быстро найти и устранить возможную неисправность. Исходя из этих соображений, мы не рекомендуем заключать генератор и индикатор электромагнитного излучения в красивые корпуса. Лучше и проще собрать их на открытых печатных платах методом поверхностного монтажа.

На рис. 3 приведены фотографии основных конструктивных компонентов комплекта приборов: 1, 2, 3 — печатная плата, ос-

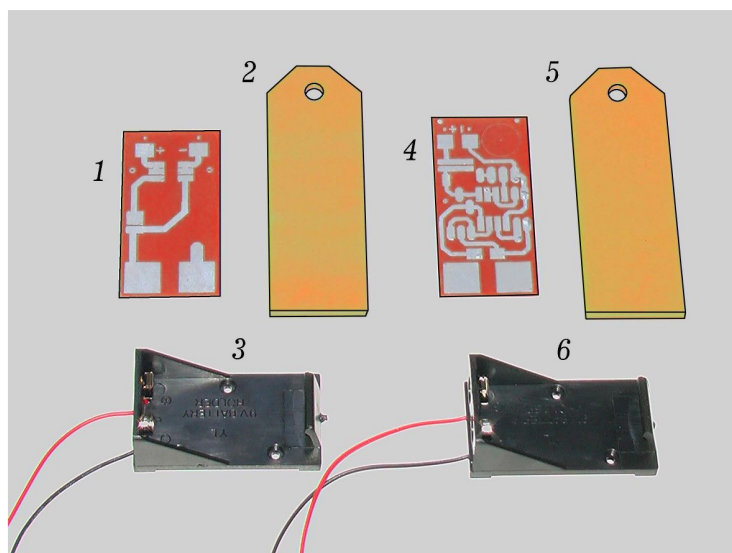


Рис. 3. Основные конструктивные компоненты комплекта приборов

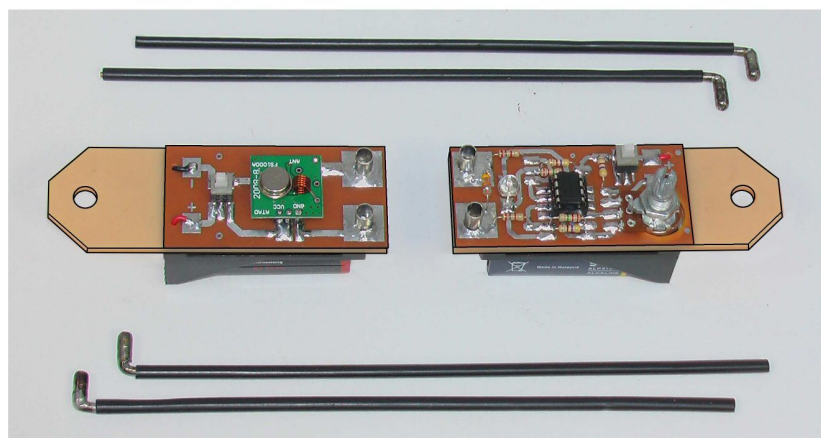


Рис. 4. Микро мощный генератор и чувствительный индикатор в сборе. Рядом с приборами лежат излучающий и приемный полуволновые диполи

нование и контейнер для источника питания генератора; 4, 5, 6 — аналогичные компоненты индикатора.

Для печатных плат генератора и индикатора используют пластинки фольгированного гетинакса размером  $30 \times 60$  и  $30 \times 65$  мм. Особенностью плат являются пары квадратных областей размером  $10 \times 10$  мм для антенных гнезд. Отогнутые концы четверть-волновых отрезков антенн плотно вставляются в эти гнезда. Такая конструкция позволяет поворачивать в гнездах половинки антенн, превращая антенны из диполей в отрезки двухпроводных линий.

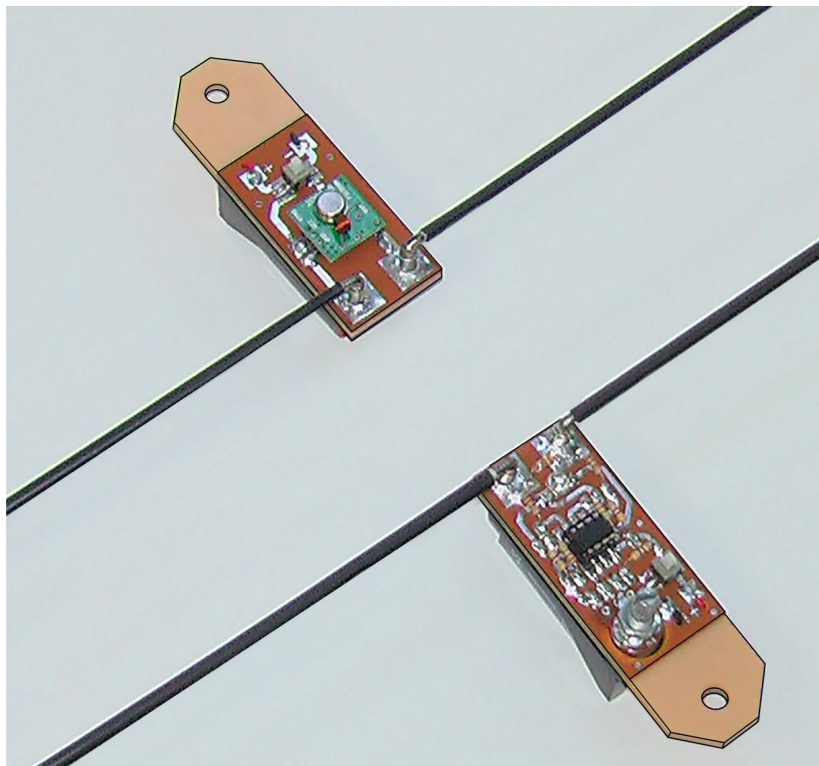


Рис. 5. Генератор и индикатор дециметрового электромагнитного излучения, подготовленные к работе

Основания приборов размером  $30 \times 90$  мм вырезают из винипласта или иного подходящего пластика. В основаниях должны быть сделаны отверстия для крепления приборов к специальной ручке или к стойке штатива.



Печатные платы готовых генератора и индикатора приклеивают двухсторонним скотчем или прикрепляют двумя саморезами сверху к виниловым основаниям этих приборов. Снизу к основаниям винтами прикручивают контейнеры источников питания.

Контейнеры для источников питания типа 6F22 на 9 В можно приобрести в магазине. Мы использовали также самодельные открытые контейнеры, образованные отогнутыми вниз частями удлиненных виниловых оснований [2].

Указанный в спецификации (табл. 2) светодиод имеет небольшие размеры и дает яркое широконаправленное излучение. В индикаторе можно использовать маломощный светодиод любого типа. Если светодиод дает остронаправленное излучение, его поверхность лучше заматировать мелкой шкуркой.

Внешний вид генератора и индикатора электромагнитного излучения показан на рис. 4. На четвертьволновые отрезки излучающей и приемной антенн надевают полихлорвиниловые трубки такого цвета, чтобы был обеспечен контраст с фоном, на котором демонстрируются опыты.

На рис. 5 слева приведена фотография генератора и справа — индикатора электромагнитного излучения, конструкции которых только что кратко описаны. При постановке опытов генератор и индикатор закрепляют винтами в штативных стойках, для чего используют отверстия в основаниях приборов. Этими же винтами к основаниям можно прикрепить специальные ручки, если генератор и индикатор предполагается держать в руках.

Система демонстрационных опытов с электромагнитными волнами дециметрового диапазона рассмотрена, например, в статье [3].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-013-00157. *Acknowledgments:* The reported study was funded by RFBR, project number 20-013-00157.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Майер В. В., Кошечев Г. В. Микромощный передатчик для опытов с волнами дециметрового диапазона // Учебная физика. — 2018. — № 2. — С. 25–27.
2. Майер В. В., Вараксина Е. И., Васильев И. А., Кошечев Г. В. Комплект приборов для демонстрационных опытов с электромагнитными волнами // Физика в школе. — 2019. — № 4. — С. 41–46.
3. Майер В. В. Электромагнитные волны // Учебная физика. — 2006. — № 1. — С. 147–220.
4. Майер В. В., Вараксина Е. И. Усилитель постоянного тока для школьного гальванометра // Учебная физика. — 2018. — № 2. — С. 22–24.

## ABSTRACTS

**Varaksina E. I., Myshkin I. I. Novelty in a training project devoted to improve the model of a unipolar electric motor.** It is shown that didactic novelty in an educational physics experiment can be achieved by developing a demonstration version of a well-known individual experiment. *Keywords:* unipolar electric motor, demonstration model, didactic novelty.

**Mukushev B. A. Teaching schoolchildren to compose problems in physics.** The article reveals the genesis of educational physical problems and outlines methodological approaches to the creation of original problems in physics. *Keywords:* educational physical problems, creation of new problems, evolution of physical problems.

**Mayer V. V., Kurbonaliev K. M. Educational model of Galileo's telescope. Didactic research: the physics stage.** The physics stage of didactic research is presented. The purpose of the research is to develop an educational model of Galileo's telescope. The device is intended for use in a laboratory experiment of a general physics course at pedagogical university and as an object of research in a student's physics project. *Keywords:* Galileo telescope, didactic research, general physics, pedagogical university, laboratory experiment, school physics, student project.

**Kokin S. M., Stouykhin S. G., Mukhin S. V. The laboratory work «Determination of metal specific heat capacity by cooling method».** The paper describes the work for a student laboratory workshop on physics «Determination of the specific heat capacity of metal by cooling». The installation of the original design was created on the Department «Physics» of RUT (MIIT). *Keywords:* specific heat capacity, thermocouple, reference sample, heating, cooling.

**Mayer V. V., Varaksina E. I., Vasiliev I. A. Generator and indicator for educational experiments with electromagnetic radiation.** The design and technology of self-manufacturing of a micro-powerful generator and a sensitive indicator of electromagnetic radiation are described. The devices operate in the decimeter range allowed for amateur radio experiments (433 MHz). *Keywords:* electromagnetic radiation, decimeter range, 433 MHz, micro-power generator, sensitive indicator.

**Markov S. V. Measurement of active power in the alternating current single-phase network using the ADE7757 microchip and Arduino Uno microcontroller board.** It is proposed to use a specialized ADE7757 chip and an Arduino UNO microcontroller board in the training experiment to measure the active power consumption and AC electricity in the household electrical network. This material provides information about the connection of the measuring circuit to the microcontroller, the connection of the current-measuring shunt and the implementation of galvanic isolation of the microcontroller from the network. The source code for the Arduino UNO microcontroller board is also provided. *Keywords:* active power, alternating current, microcontroller Arduino Uno, digital electrical energy meter, electroplating, ADE7757, computer experiment.

**Saurov Yu. A. About the topics of cognitive activity in the methodology of teaching physics.** The article draws attention to the problems (topics) of scientific and methodological research that are relevant in the medium term. *Keywords:* scientific problems, methodological activity, research, design, management.

**Varaksina E. I. The main stages of scientific research of educational physical experiment.** The necessity to develop the direction of didactics of physics related to the development of the methodology of scientific research of educational physical experiment is substantiated. The didactic, physical, technical, methodological and pedagogical stages of such research are highlighted and briefly considered. *Keywords:* scientific research, educational physical experiment.