

РОЗРОБКА НЕСТАНДАРТНОГО УРОКУ ФІЗИКИ ПО ТЕМІ; ТЕОРІЯ ВІДНОСНОСТІ (10 КЛАС)

Мета. Сформувати в учнів усвідомлення пізнаваності навколишнього світу і безмежності пізнання; встановити зв'язки мікро - і макросвіту на основі розгляду застосування теорії відносності в астрономії й атомній фізиці.

Тип уроку. Урок узагальнення і систематизації знань.

Обладнання. Портрети Г. Галілея, І. Ньютона, А. Ейнштейна; плакат з уривком із вірша:

І в сфері зір, і в вигляді планет

На атоми Всесвіт кришиться.

Обриваються зв'язки усі,

Все на шматки дробиться.

Основи розхитались,

І все для нас відносним стало.

Джон Донн.

Методичні поради. Враховуючи складність змісту навчальної теми, виклад матеріалу проводиться взаємозв'язаними блоками з використанням елементів гри-подорожі.

Хід уроку

Вступне слово вчителя. Ми з вами закінчуємо вивчення теми «Елементи теорії відносності». Сьогодні підсумковий урок, на якому маємо повторити вивчений матеріал. Але це повторення буде не цілком звичайним.

Ми здійснимо подорож у теорію відносності, подорож у її історію, спробуємо визначити її місце в житті, а також роль у розвитку сучасної науки. Ще раз пригадаємо, яким відкриттям фізики й астрономії сприяла теорія відносності. Під час цієї подорожі ми побуваємо на станціях «Класична механіка», «Лабораторія Майкельсона і Морлі», «Творча лабораторія Ейнштейна», здійснимо фантастичну подорож

Зупинка перша. Станція «Класична механіка»

Учитель. Теорія відносності за своїм змістом виявилася настільки чудовою, що до неї зверталися і, напевно, ще довго звертатимуться не лише вчені, а й поети.

У першій половині XIX ст. геніальний поет написав вірш, що має безпосередній стосунок до теорії відносності:

Немає руху, так сказав мудрець,

А інший змовк, став перед ним ходити.

Сильніше він би вже не міг зробити,

Бо рухом відповів — достойно, навпростець.

Панове, випадок забавний цей

Для мене інший приклад тут наводить:

Щодня поперед нами Сонце ходить,

Але ж правий упертий Галілей.

Переклад Левка Воловця

У чому ж був правий упертий Галілей?

Учень. До XVI ст. в астрономії вважалася правильною геоцентрична система Птолемея, згідно з якою в центрі Всесвіту розташована Земля. Галілей відстоював геліоцентричну систему Коперніка, згідно з якою Земля і всі планети обертаються навколо Сонця. Нам здається, що Сонце рухається навколо Землі. Цей факт підтверджує, що рух, як і спокій, — поняття відносні.

Учитель. Який стосунок мають дослідження Галілея до теорії відносності?

Учень. Фізика як наука бере свій початок від Галілея. Глибокі роздуми над різними видами руху в навколишньому світі привели Галілея до принципу відносності. Наприклад, мандрівник, який перебуває у каюті корабля, що пливе, може вважати, що книжка, яка лежить на його столі, перебуває у стані спокою. Проте людина на березі бачить, що корабель пливе, а отже, вона може вважати, що книжка рухається з тієї самою швидкістю, що й корабель. На запитання, рухається книжка насправді чи перебуває у стані спокою, однозначно відповісти не можна. Відповідь залежить від того, що ми візьмемо за тіло відліку. Якщо прийняти точку зору мандрівника, то книжка перебуває у стані спокою. Якщо розглядатимемо ситуацію з погляду людини, яка стоїть на березі, книжка, звичайно, рухається.

Учитель. Як же формулюється механічний принцип відносності Галілея і що з нього випливає?

Учень. Зміст принципу відносності Галілея полягає в тому, що жодним механічними дослідженнями не можна встановити, перебуває інерційна система відліку в стані спокою чи рухається рівномірно і прямолінійно. З нього випливає, що між станом спокою і прямолінійним рівномірним рухом немає принципової відмінності. Той же мандрівник, який перебуває в закритій каюті корабля, що рухається спокійним морем, не помічає ніяких ознак цього руху. Мухи вільно літають по всій каюті. А якщо м'яч підкинути вертикально, він упаде прямо вниз, не відхиляючись у бік корми.

Учитель. Інерція ніяк не виявляється, доки тіло перебуває в стані спокою або рухається рівномірно і прямолінійно. Але варто ледь пригальмувати його або змусити рухатися криволінійно, як прояв інерції стає очевидним. Ісаак Ньютон (мал. 2), який народився в рік смерті Галілея (мал. 1), узяв на озброєння всі методи, погляди і знання, що сколихнули науковий світ XVII ст. Користуючись поняттями швидкості й прискорення, введеними Галілеєм, Ньютон пішов далі. У 9-му класі ми розглядали закони Ньютона. Які це закони?



Мал.1



Мал. 2.

Учень. Ми вивчали такі закони Ньютона: перший — закон інерції; другий — закон взаємозв'язку сили й прискорення; третій — закон взаємодії тіл та ще закон всесвітнього тяжіння.

Учитель. Якщо бути точним, можна сказати, що Ньютон узагальнив відкриття Галілея у вигляді першого закону, додав другий і третій закони та висунув гіпотезу, що всі тіла притягуються одне до одного згідно із законом всесвітнього тяжіння. Він увів нове поняття, невідоме на той час — масу.

На основі цих законів була створена всеосяжна система поглядів на світ. Вони пояснили рух планет, припливи і відпливи і навіть ледь помітну прецесію земної осі з періодом 26 000 років. Ньютон — засновник класичної механіки. Його закони не можна розглядати поза простором і часом. Пригадайте, як розглядає масу, простір і час класична механіка.

Учень. У класичній механіці вважається, що час тече однаково в усіх інерційних системах, що просторові масштаби і маса тіл в усіх інерційних системах відліку однакові. Ньютон увів у фізику поняття абсолютного часу й абсолютного простору. Він вважав, що абсолютний час тече однаково в усіх системах відліку. Абсолютний простір завжди залишається однорідним та ізотропним (однаковим в усіх напрямках).

Учитель. Тобто розміри тіл, їхні маси, час у класичній механіці — величини незалежні від вибору системи відліку. Творчі здібності Ньютона в математиці й фізиці були настільки значними, що він майже цілком затьмарив таких своїх сучасників, як Гук, Гюйгенс. Колеги називали його Левом. Він уперше створив таку фундаментальну теорію, яка впродовж двох наступних століть визначала розвиток фізичної науки. У своїй присвяті Ньютону його сучасник Олександр Поп написав :

Був Світ окутаний глибокою пітьмою.

Хай буде світло! І ось з'явився Ньютон!

Так, закони Ньютона дають змогу розв'язати будь-яку задачу механіки. Якщо відомі сили, прикладені до тіла, можна знайти прискорення тіла у будь-який момент часу, в будь-якій точці його траєкторії. Закони Ньютона дають змогу не лише вивчати рухи, а й керувати ними.

Тобто все те, що з погляду механіки Ньютона було очевидним, виявилось цілком незрозумілим. Але чи був винним у цьому Ейнштейн? Спробуймо відповісти на це запитання.

Зупинка друга. Станція «Лабораторія Майкельсона і Морлі»

Учитель. Кінець XIX ст. Майкельсон і Морлі проводять дослід. Пригадайте, у чому полягав цей дослід і яким був його результат.

Учень. Майкельсон і Морлі за допомогою явища інтерференції порівнювали швидкості поширення світла вздовж лінії руху Землі та в перпендикулярному напрямі. Згідно з теоремою додавання швидкостей, вони не повинні бути однаковими. Але швидкість світла виявилася однаковою в обох випадках, тобто не залежала від руху самої Землі, що суперечило законам класичної механіки. Оскільки Земля рухається по орбіті у світовому просторі, який вважався абсолютно нерухомим, то на швидкість світла мав впливати рух Землі.

Учитель. Ці суперечливі результати призвели до того, що, образно висловлюючись, захитався класичний фундамент фізики, закладений Ньютоном, загрожуючи, здавалося б, звалити всю побудовану на ньому грандіозну споруду науки, створену за два століття. Проте не можна було робити висновок, що механіка Ньютона хибна. Суперечили їй лише досліди, пов'язані з визначенням швидкості світла або з рухом частинок зі швидкостями, близькими до неї.

Зупинка третя. Станція «Творча лабораторія Ейнштейна»

Учитель. Щоб узгодити теорію і результати експериментів, було створено нову механіку для швидкостей, близьких до швидкості світла у вакуумі. Названа вона була релятивістською механікою. Ця механіка не спростовувала класичну механіку, вона лише встановлювала межі її застосування. Релятивістська механіка уточнила і доповнила класичну механіку для випадку руху зі швидкістю, сумірною зі швидкістю світла у вакуумі. В її основу були покладені постулати А. Ейнштейна. Пригадаймо ці постулати.

Учень. Перший принцип відносності: усі процеси природи (не лише механічні) протікають однаково в усіх інерційних системах відліку.

Другий принцип — принцип сталості швидкостей світла: швидкість світла у вакуумі однакова для всіх інерційних систем відліку; вона не залежить ні від швидкості джерела, ні від швидкості приймача світлового сигналу.

Учитель. У першому постулаті Ейнштейн розширює принцип відносності Галілея, а в другому — пояснює результат дослідів Майкельсона і Морлі. Але, віддаючи належне «блискучому генію. Ньютона», Ейнштейн став перекроювати Всесвіт по-своєму. Він перекреслив поняття «абсолютного часу» й «абсолютного простору», створив теорію відносності, яку закінчив 1916 р. За нею із самого початку закріпилася слава незбагненної. Спершу казали, що її в усьому світі розуміють лише троє людей, включаючи автора. Потім її стали розуміти 12 чоловік. Пригадаймо, як уявляв Ейнштейн просторові розміри і час у теорії відносності щодо різних систем відліку.

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}},$$

Учень. Довжина стержня в рухомій системі відліку де l_0 — довжина стержня відносно нерухомого спостерігача. У релятивістській механіці $-v/c < 1$, і тому $l < l_0$. Тобто розміри тіла скорочуються уздовж напрямку руху.

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Інтервал часу

Оскільки

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} < 1, \text{ то } \tau > \tau_0,$$

тобто

у різних системах відліку годинники йдуть по-різному.

Учитель. Особливий інтерес становлять міркування Ейнштейна щодо різного перебігу часу відносно різних систем відліку. У рухомій системі відліку час сповільнюється, порівняно з нерухомою системою, залежно від значення швидкості. З цього приводу можна навести приклад, який у фізиці називається «парадоксом близнюків». У чому він полягає?

Учень. Парадокс полягає ось у чому. На Землі живуть два брати- близнюки. Один із них залишається на космодромі, а другий вирушає до далекої зорі на космічному кораблі, здатному розвинути швидкість, близьку до швидкості світла. З погляду брата, який залишився на Землі, час тече швидко. Проходить 10, 20, 30 років, і він, нарешті, з радістю дізнається, що корабель із його братом повертається. Коли космічний корабель приземлився і брати зустрілися, близнюк, який залишався на Землі, побачив, що його брат залишився майже таким, яким був 30 років тому.

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{1}{6},$$

Це тому, що він, рухаючись із такою швидкістю, що прожив за своїм годинником усього 5 років. Ці розрахунки підтверджуються фізичними дослідженнями. Фантастична подорож

Учитель. Наведений приклад можна віднести до царини фантастики. А чи є практичні підтвердження того, що час тече неоднаково в різних системах відліку?

Учень. Був проведений такий експеримент: учені синхронізували надточні атомні годинники. Один помістили на реактивному літаку, а другий залишили в лабораторії. Порівнявши їхні покази після приземлення літака, виявили

розбіжність, хоча й незначну. У верхніх шарах атмосфери Землі під впливом космічних променів утворюються частинки, які називаються π -мезонами. Вони «живуть» дуже короткий час — $2 \cdot 10^{-8}$ с. Отже, якщо π -мезон летітиме навіть зі швидкістю, близькою до швидкості світла, то за цей час він устигне пролетіти не більше 6 м. Але π -мезони були виявлені біля поверхні Землі, тобто вони проникають крізь атмосферу і досягають поверхні Землі, пролетівши, не розпадаючись, відстань понад 30 км. Це можна пояснити лише уповільненням часу. Кожний π -мезон ніби має власний годинник, за яким і визначається його власний час життя $2 \cdot 10^{-8}$ с, а для спостерігача на Землі час життя π -мезона виявляється значно більшим за $2 \cdot 10^{-8}$ с, бо швидкість π -мезона близька до швидкості світла.

Учитель. З усіх наших попередніх міркувань неминуче випливає запитання: що ж таке час? У фізиці дається доволі чітке визначення маси, ми добре уявляємо, що таке відстань чи довжина. Але що таке час?

Стародавня цивілізація південноамериканських індіанців майя успадкувала від своїх попередників — ольмеків — і значно вдосконалила писемність, математику, астрономію. Вони створили свій календар. Але майя боялися часу й обожнювали його.

Які ви ще знаєте висловлювання про час?

Учень. Стародавні греки стверджували: «Час не подібний до прямої лінії, яка продовжується безмежно в обох напрямках. Рух часу з'єднує кінець із початком, і це відбувається незліченне число разів. Завдяки цьому час нескінченний».

Учений античності Лукрецій у своїй поемі «Про природу речей» писав:

Так само і часу немає як такого, та предмети

Самі ведуть до відчуття того,

Що у століттях відбувалося,

Що відбувається тепер,

Що станеться пізніше.

І неминуче визнання,

Що відчуватися не може ч

Ніким час як такий,

Час поза рухом тіл і спокоєм.

Учитель. Багато вчених не лише в давнину, ай у наш час намагалися відповісти на це запитання. На початку ХХ століття австрійський учений фізик Л. Больцман, а за ним його співвітчизник і учень П. Еренфест і молодий російський учений середини ХХ століття О. Крилов намагалися розгадати таємницю часу, але безуспішно і навіть трагічно для себе.

А тепер пригадаймо найважливіший наслідок із теорії відносності Ейнштейна.

Учень. Найважливіший наслідок із теорії відносності Ейнштейна — це його знаменита формула, яка виражає універсальний зв'язок між масою й енергією: $\Delta E = \Delta mc^2$.

За цією формулою, 1 кг маси речовини має $9 \cdot 10^{16}$ енергії. Цей висновок здавався неймовірний у той час, а це було в 1905 р. Тому формулу Ейнштейна сприйняли як марення божевільного, а не як геніальне відкриття, оскільки тоді вона не підтверджувалася дослідями.

Учитель. Наступні дослідження засвідчили, що це одна з двох «великих формул», дуже проста і дуже коротка, але вагома за змістом. Вона дає змогу визначити значну кількість енергії в ядрах атомів, обчислити кількість атомного пального для ядерного реактора на електростанції. Але ця сама формула вказує, скільки атомного палива необхідно вмістити в бомбу, щоб зруйнувати місто.

На жаль, Ейнштейну довелося стати свідком трагічної реалізації свого великого відкриття. Це сталося 6 серпня 1945 р., коли на японське місто Хіросіму було скинуто першу атомну бомбу. Весь світ був вражений масштабами трагедії. Ейнштейн дуже тяжко переживав ці події і до самої смерті закликав до миру й боротьби проти атомної війни. Але про це в нас іще буде окрема розмова під час вивчення атомної фізики.

Астрономічна подорож

А зараз пригадаймо, що теорія відносності Ейнштейна знайшла широке застосування в астрономії, пояснила чимало астрономічних явищ. Наведіть приклади застосування теорії відносності.

Учень. 1. Ейнштейн зазначав, що під час проходження світла поблизу великих мас має спостерігатися викривлення променів. Це було підтверджено у 1919 році. Під час повного сонячного затемнення учасники Міжнародної експедиції сфотографували зоряне небо в момент затемнення. Порівнюючи ці фотографії з

фотографіями тієї самої ділянки неба, але без Сонця, вчені виявили, що зорі змістилися. Це результат зміщення світлових променів від зір при проходженні їх поблизу Сонця. 2. Годинники йдуть повільніше поблизу масивних тіл. 3. Доведено, що під час руху планет навколо Сонця площини їхніх орбіт повертаються. 4. У 30-х роках XX століття було відкрито явище «розбігання галактик», причому швидкість розбігання пропорційна до відстані від галактики до спостерігача. Це відкриття узгоджується з висновком, якого дійшов у 1922 році молодий російський учений О. О. Фрідман, розв'язавши систему рівнянь Ейнштейна із загальної теорії відносності, яку Ейнштейн створив у 1916 році. 5. Доведено існування гравітаційних хвиль.

Учитель. Отже, ми здійснили з вами подорож у теорію відносності, яка в наші дні залишається такою ж актуальною, необхідною і таємничою, як і під час її створення, коли вона ще не була підтверджена практикою.

Урок №3.

Тема: Розв'язування задач

Мета:

-закріпити знання за темою «Електричний струм. Послідовне і паралельне з'єднання провідників. Шунти і додаткові опори»;

-розвивати навички та вміння розв'язувати фізичні задачі, застосовуючи отримані знання;

ключові компетентності:

- *спілкування державною мовою* – уміння доречно та коректно вживати в мовленні фізичну термінологію, чітко, лаконічно та зрозуміло формулювати думку; поповнювати свій словниковий запас;
- *фізична компетентність* – уміння будувати та досліджувати фізичну модель;
- *уміння вчитися впродовж життя* – уміння оцінювати результати своєї навчальної діяльності.

Тип уроку: урок застосування знань, умінь, навичок.

Обладнання та наочність: підручник з фізики за 10 клас, автори: Бар'яхтар, Довгий, Божинова, Кірюхіна, 2019 р.

Хід уроку

I. Організаційний момент.

- Налаштовування на роботу.
- Перевірка домашнього завдання: провести бесіду за матеріалом § 2

1. Бесіда за питаннями

1. Яке з'єднання провідників називають послідовним?
2. Які співвідношення справджуються для послідовного з'єднання провідників? Доведіть їх.
3. Яке з'єднання провідників називають паралельним?
4. Які співвідношення справджуються для паралельного з'єднання провідників? Доведіть їх.

2. Перевірити виконання вправи № 2: завдання 4.

№2.4 Два резистори опорами 2 і 3 Ом приєднали до джерела струму, напруга на виході якого 12 В. Визначте силу струму в кожному резисторі та загальну силу струму в колі, якщо резистори з'єднані: а) послідовно; б) паралельно.

II. Актуалізація опорних знань.

Фронтальне опитування

1. Яке з'єднання провідників називають послідовним? Які співвідношення справджуються для цього з'єднання?
2. Яке з'єднання провідників називають паралельним? Які співвідношення справджуються для цього з'єднання?
3. Як можна збільшити верхню межу вимірювань вольтметра?
4. У якому випадку і як шунтують амперметри?

III. Вивчення нового матеріалу

Мотиваційна задача

У скільки разів зміняться покази амперметра, якщо одна з лампочок у колі, наведеному на рисунку, перегорить? Опір кожної лампи 5 Ом, опір кожного резистора 10 Ом.

План вивчення нового матеріалу

- Приклад розв'язування задачі.

Опорний конспект

У скільки разів зміняться покази амперметра, якщо одна з лампочок у колі, наведеному на рисунку, перегорить? Опір кожної лампи 5 Ом, опір кожного резистора 10 Ом.

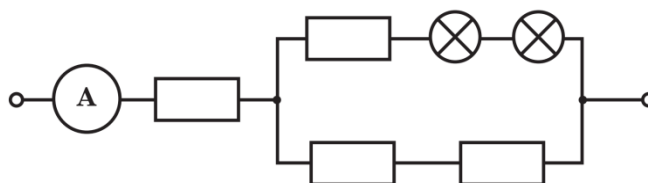
Дано:

$$R_{\text{л}} = 5 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{р}} = 10 \text{ Ом}$$

$$\frac{I_{\text{заг 1}}}{I_{\text{заг 2}}} = ?$$

Розв'язання



$$\frac{1}{R_{\text{паралельне 1}}} = \frac{1}{R_{\text{р}} + 2R_{\text{л}}} + \frac{1}{2R_{\text{р}}} = \frac{2R_{\text{р}} + R_{\text{р}} + 2R_{\text{л}}}{2R_{\text{р}}(R_{\text{р}} + 2R_{\text{л}})}$$

$$R_{\text{паралельне 1}} = \frac{2R_{\text{р}}(R_{\text{р}} + 2R_{\text{л}})}{3R_{\text{р}} + 2R_{\text{л}}}$$

$$R_{\text{заг 1}} = R_{\text{р}} + \frac{2R_{\text{р}}(R_{\text{р}} + 2R_{\text{л}})}{3R_{\text{р}} + 2R_{\text{л}}} = \frac{R_{\text{р}}(5R_{\text{р}} + 6R_{\text{л}})}{3R_{\text{р}} + 2R_{\text{л}}}$$

$$R_{\text{заг 2}} = R_{\text{р}} + 2R_{\text{р}} = 3R_{\text{р}}$$

$$I_{\text{заг 1}} = \frac{U}{R_{\text{заг 1}}} \quad I_{\text{заг 2}} = \frac{U}{R_{\text{заг 2}}}$$

$$\frac{I_{\text{заг 1}}}{I_{\text{заг 2}}} = \frac{R_{\text{заг 2}}}{R_{\text{заг 1}}} = \frac{3R_{\text{р}}}{\frac{R_{\text{р}}(5R_{\text{р}} + 6R_{\text{л}})}{3R_{\text{р}} + 2R_{\text{л}}}} = \frac{3(3R_{\text{р}} + 2R_{\text{л}})}{5R_{\text{р}} + 6R_{\text{л}}}$$

$$\left[\frac{I_{\text{заг 1}}}{I_{\text{заг 2}}} \right] = \frac{0\text{М} + 0\text{М}}{0\text{М} + 0\text{М}} = 0\text{М}$$

$$\frac{I_{\text{заг 1}}}{I_{\text{заг 2}}} = \frac{3 \cdot (3 \cdot 10 + 2 \cdot 5)}{5 \cdot 10 + 6 \cdot 5} = \frac{120}{80} = 1,5$$

Відповідь: загальна сила струму в колі, зменшиться в 1,5 рази.

IV. Засвоєння нових знань і способів дій

№1. Загальний опір двох провідників при послідовному з'єднанні 25 Ом, а при паралельному 6 Ом. Знайдіть опір кожного провідника.

Дано:

$$R_{\text{пос}} = 25 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{пар}} = 6 \text{ Ом}$$

$$R_1 = ?$$

$$R_2 = ?$$

Розв'язання

$$\{ R_{\text{пос}} = R_1 + R_2 \quad R_{\text{пар}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad R_1 = R_{\text{пос}} - R_2$$

$$R_{\text{пар}} = \frac{R_2 (R_{\text{пос}} - R_2)}{R_{\text{пос}} - R_2 + R_2} \quad R_{\text{пар}} R_{\text{пос}} = R_2 R_{\text{пос}} - R_2^2$$

$$R_2^2 - R_2 R_{\text{пос}} + R_{\text{пар}} R_{\text{пос}} = 0$$

$$R_2^2 - 25R_2 + 150 = 0$$

$$D = 625 - 4 \cdot 150 = 5^2$$

$$R_2' = \frac{25+5}{2} = 15 \text{ (Ом)} \quad R_2'' = \frac{25-5}{2} = 10 \text{ (Ом)}$$

$$R_1' = 25 - 15 = 10 \text{ (Ом)} \quad R_1'' = 25 - 10 = 15 \text{ (Ом)}$$

Відповідь: 10 Ом і 15 Ом.

№2. Який додатковий опір необхідно підключити до вольтметра, щоб розширити межі вимірювання від 50 В до 500 В? Опір вольтметра 1000 Ом.

Дано:

$$U_V = 50 \text{ В}$$

$$U = 500 \text{ В}$$

$$R_V = 1000 \text{ Ом}$$

$$R_D = ?$$

Розв'язання

$$U = nU_V \quad n = \frac{U}{U_V}$$

$$R_D = R_V(n - 1) = R_V \left(\frac{U}{U_V} - 1 \right)$$

$$R_D = 1000 \cdot \frac{500}{50} - 1000 = 9000 \text{ Ом}$$

$$R_D = 1000 \cdot \left(\frac{500}{50} - 1 \right) = 9000 \text{ (Ом)}$$

Відповідь: $R_D = 9 \text{ кОм}$.

№3. Межу вимірювання міліамперметра, власний опір якого 9 Ом, необхідно розширити від 1 мА до 10 мА. Знайдіть опір шунта.

Дано:

$$R_A = 9 \text{ Ом}$$

$$I_A = 1 \text{ мА}$$

$$= 1 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

$$I = 10 \text{ мА}$$

$$= 10 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

$$R_{\text{ш}} = ?$$

Розв'язання

$$I = nI_A \Rightarrow n = \frac{I}{I_A}$$

$$R_{\text{ш}} = \frac{R_A}{(n-1)} = \frac{R_A}{\left(\frac{I}{I_A}-1\right)}$$

$$\left[R_{\text{ш}}\right] = \frac{\frac{\text{Ом}}{\frac{\text{А}}{\text{А}}}}{\frac{\text{А}}{\text{А}}} = \text{Ом}$$

$$R_{\text{ш}} = \frac{9}{\left(\frac{10 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3}} - 1\right)} = 1 \text{ (Ом)}$$

Відповідь: $R_{\text{ш}} = 1 \text{ Ом}$.

V. Підбиття підсумків уроку, рефлексія

Бесіда за питаннями

1. Як можна збільшити верхню межу вимірювання вольтметра?
2. У якому випадку і як шунтують амперметри?

VI. Домашнє завдання

(пов. § 2, № 2 завдання 7)