

## РОЗРОБЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ «LINZA» ТА МЕТОДИКА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ОПТИКИ

Атаманчук П.С., Губанова А.О., Сергієнко В.П.

**Анотація.** У статті описаний лекційний варіант подання теми «Вивчення основних характеристик збірної лінзи». Наведений опис експериментальної установки та проілюстрований дослід, що пояснює зміну вигляду зображення у разі модифікації умов його утворення. Зображення утворюється двома половинками лінзи, які в одному випадку дотикаються, а в другому розсунуті в напрямку, перпендикулярному головній оптичній осі лінзи. Розроблена комп'ютерна програма, яка використовується для одержання безперервного процесу зміни форми зображення залежно від відстані, на яку розсунуті половинки лінзи. Подана розробка лекційного матеріалу відповідає п'ятьом вимогам: зрозумілості, повноті, лаконічності, конкретності, коректності.

**Ключові слова.** Лінза, комп'ютерна програма, зображення в лінзі, діафрагма, світловий промінь, промінь побудови.

\* \* \*

Для студентів певних природничих спеціальностей важливим є поглиблене розуміння принципів дії оптичних приладів. Так для студентів біологічних спеціальностей таким приладом є мікроскоп, який дозволяє «зазирнути» у світ малих об'єктів. Розуміння принципу дії цього приладу вимагає досконалого розуміння його будови, основними елементами якої є лінзи.

Об'єкти мікроскопа — збірна лінза й окуляр мікроскопа — теж збірна лінза. Отже, розрахунок та виготовлення приладу, який складається із збірних лінз, проводиться на основі знань принципу їх дії та конструктивних характеристик. Знання фізичних процесів створення зображення предметів у мікроскопі полегшує процес користування, складає основу дбайливого ставлення до приладу та його адекватного використання.

Навчальний фізичний експеримент є одним з основних засобів у методиці навчання фізики, методичних основах організації та проведення якого розроблені в [1, с. 216].

Ми пропонуємо увазі читача варіант оперативного і не зовсім традиційного осмислення понять головної оптичної осі лінзи, фокуса лінзи, технології побудови зображень предметів у тонких лінзах.

Створюючи оптичні прилади, у багатьох випадках користуються правилом, що оптичні вісі всіх оптичних деталей мають бути розташованими на одній прямій, тобто співпадають, якщо присутні дзеркала, то оптичні осі всіх деталей лежать в одній площині.

Навчальні завдання, які покладені в основу викладок, пов'язаних з використанням комп'ютерної програми «LINZA»:

- засвоєння понять: тонка лінза, головна оптична вісь лінзи, фокусні відстані лінзи, промені побудови та правила їх проходження крізь лінзу;
- набуття навичок побудови зображень в тонкій лінзі;
- розуміння питань узгодження оптичних елементів у складних оптичних приладах;
- розуміння різної ролі діафрагм;

- усвідомлення того, що кожен промінь проходить крізь лінзу незалежно від існування інших променів;
- зображення формується у точці перетину променів, які розсіюються предметом.

### Методика використання програми «LINZA»

Перший крок: на екран монітора виводимо вигляд робочого вікна розробленої програми (рис. 1).

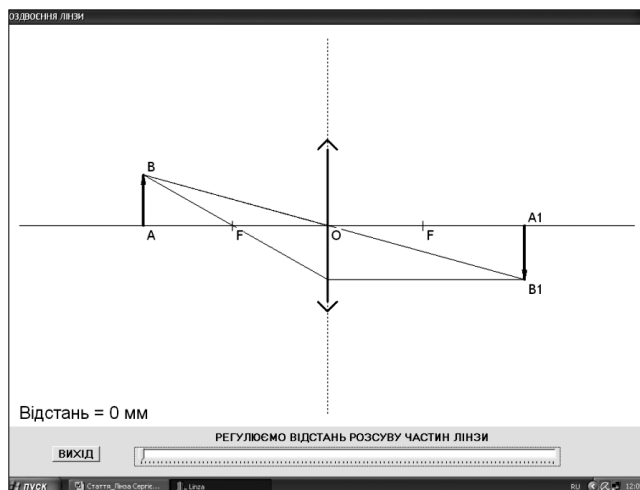


Рис. 1. Початковий вигляд робочого вікна програми.

Програма «LINZA» реалізується в 560 кроків (фрагмент програми наведений в таблиці 1), мова програмування C++ компілятор, Borland C++ Builder 5.0. У робочому вікні ліворуч внизу вказується відстань, на яку розсуваються половинки лінзи, а внизу розташована лінійка, вздовж якої за допомогою миші пересувається покажчик цієї відстані. У верхній стрічці, ліворуч, — підпис робочого вікна, який ілюструє зміст програми «роздвоєння лінзи». Поряд із лінійкою покажчика величини розсуву частинок лінзи виведена клавіша **Вихід**.

На рис. 1 відстань = 0 мм, тобто половинки лінзи не розсунуті. Покажчик на лінійці регулювання проміжку між половинками лінзи стоїть у крайньому лівому положенні, чим практично забезпечується цілісність лінзи. Головна оптична вісь лінзи на рис. 1 позначена літерами  $AFOFA_1$ . Предмет  $AB$ , його зображення —  $A_1B_1$ . Для побудови зображення предмета  $AB$  (тому, що предмет спирається на оптичну вісь в точці  $A$ , і перпендикулярний до оптичної осі), достатньо побудувати зображення  $B_1$  точки  $B$ , і провести перпендикуляр до перетину з оптичною віссю для отримання точки  $A_1$ , яка буде зображенням точки  $A$ . Для побудови використаємо два промені побудови:

- 1) промінь  $BF$ , що проходить через передній фокус  $F$  лінзи, який за правилами побудови після проходження лінзи має напрямком, паралельний оптичній осі лінзи;
- 2) промінь  $BO$ , що проходить через оптичний центр лінзи; він проходить лінзу без заломлення.

Точка перетину цих двох променів  $V_1$  і буде зображенням точки В.

На рис. 1 також штрихованою лінією показано продовження відрізка, який є лінзою (лінза — відрізок, відокремлений стрілками). Ця лінія використовується для визначення положення лінзи у випадку, коли промінь побудови буде виходити за межі лінзи. Слід зазначити, що реальні промені, які беруть участь у створенні зображення предмета проходять тільки у межах самої лінзи.

Основа перпендикуляра, проведеного з точки  $V_1$  на оптичну вісь (точка  $A_1$ ), є зображенням точки А.

Поставимо запитання: Як зміниться зображення предмета АВ, якщо лінзу (рис. 1) розрізати по діаметральній площині на дві половинки, і ці половинки розсунути?

Звісно, що всі правила побудови зображень в тонкій лінзі залишаються незмінними, але в кожній з половинок лінзи головна оптична вісь має проходити через діаметральну площину, а при перерізі утворилося дві діаметральні площини, між якими створений проміжок. Тому в кожній з половинок лінзи тепер є своя головна оптична вісь, на якій лежать «свої» фокуси і «свої» оптичні центри. Це означає, що є дві лінзи, які створюють два зображення предмета АВ. Ми спостерігаємо ефект «роздвоєння лінзи» (напис ми бачимо у верхньому лівому кутку робочого вікна програми).

У таблиці 1 наведений фрагмент розробленої програми, початковий вигляд робочого вікна якої показано на рис. 1. За вказаними в таблиці кроками виконується побудова точки за координатами; обчислення коефіцієнтів прямої; визначення координат точки перетину прямих; позначення точок літерами.

Якщо лінзу розрізати на дві половинки площиною, яка перпендикулярна площині рисунка 1 та проходить через головну оптичну вісь FOF, і ці половинки розсунути, то утвориться дві лінзи, бо в них буде дві оптичні осі і, відповідно, дві пари фокусів (рис. 2).

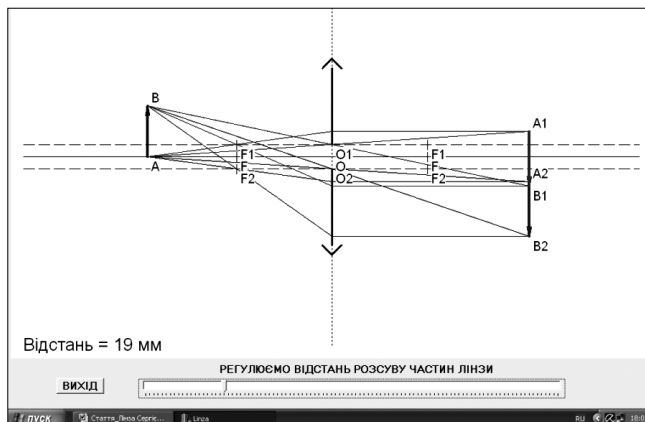


Рис. 2. Вигляд робочого вікна програми для заданої відстані між половинками лінзи (відстань 19 мм).

На рис. 2 наведена схема отримання двох зображень для проміжку між половинками лінзи  $O_1O_2$ , рівному 19 міліметрам. Показчик регулятора відстані на лінійці зміщений вправо, а відстань, що відповідає цьому положенню показника, вказана внизу ліворуч.

Положення предмета АВ залишається незмінним відносно початкової прямої АFOF (Ця пряма залишається суцільною лінією чорного кольору).

Фрагмент програми «LINZA»

| Номер кроку програми | Зміст рядка програми                    |
|----------------------|---|
| 144                  | class Tochka:public Predok              |
| 145                  | {                                       |
| 146                  | public:                                 |
| 147                  | //будуємо точку за координатами         |
| 148                  | Tochka(): Predok(){//конструктор        |
| 149                  | void xTochka(double x, double y)        |
| 150                  | {p=x; q=y;}                             |
| 151                  | // точка – перетин двох прямих          |
| 152                  | void xTochka(Predok p1, Predok p2)      |
| 153                  | {                                       |
| 154                  | double *aa=new double(0);               |
| 155                  | double *bb=new double(0);               |
| 156                  | double *cc=new double(0);               |
| 157                  | double a1, b1, c1, a2, b2, c2, d;       |
| 158                  | //розраховуємо коефіцієнти прямої p1    |
| 159                  | коефициенти(aa,bb,cc,                   |
| 160                  | p1.x1, p1.y1, p1.x2, p1.y2);            |
| 161                  | a1=*aa;                                 |
| 162                  | b1=*bb;                                 |
| 163                  | c1=*cc;                                 |
| 164                  | // розраховуємо коефіцієнти прямої p2   |
| 165                  | коефициенти(aa,bb,cc,                   |
| 166                  | p2.x1, p2.y1, p2.x2, p2.y2);            |
| 167                  | a2=*aa;                                 |
| 168                  | b2=*bb;                                 |
| 169                  | c2=*cc;                                 |
| 170                  | //розраховуємо координати чоки перетину |
| 171                  | прямих p1, p2                           |
| 172                  | d = a1 * b2 - b1 * a2;                  |
| 173                  | if (fabs(d)<=0.00000001)                |
| 174                  | {                                       |
| 175                  | ShowMessage("e03 Деление на Нуль");     |
| 176                  | return;                                 |
| 177                  | p=(c1 * b2 - c2 * b1) / d;              |
| 178                  | q=(a1 * c2 - a2 * c1) / d;              |
| 179                  | }                                       |
| 180                  | //малюємо засічку                       |
| 181                  | void malui(iiii)                        |
| 182                  | {                                       |
| 183                  | Form1->Image1->Canvas->Pen->Width=iiii; |
| 184                  | Form1->Image1->Canvas->MoveTo(sx(p),    |
| 185                  | sy(q-korotki));                         |
| 186                  | Form1->Image1->Canvas->LineTo(sx(p),    |
| 187                  | sy(q+korotki));                         |
| 188                  | Form1->Image1->Canvas->Pen->Width=1;    |
| 189                  | }                                       |
| 190                  | //відображаємо літеру справа зверху     |
| 191                  | void put1(String a0)                    |
| 192                  | {                                       |
| 193                  | Form1->Image1->Canvas->                 |
| 194                  | TextOutA(sx(p+dx1), sy(q+dy1),a0);      |
| 195                  | }                                       |
| 196                  | //відображаємо літеру справа знизу      |
| 197                  | void put5(String a0)                    |
| 198                  | {                                       |
| 199                  | Form1->Image1->Canvas->                 |
| 200                  | TextOutA(sx(p+dx5), sy(q+dy5),a0);      |

Для двох половинок лінзи виникли дві головних оптичних осі (на рис. 2 вони показані пунктирними лініями чорного кольору, для верхньої лінзи пряма  $F_1O_1F_1$ , а для нижньої лінзи. — пряма  $F_2O_2F_2$ ). У такому випадку вже не можна говорити про одну лінзу, бо є дві головних оптичних осі. Промені побудови зображень у двох половинках лінзи показані: для верхньої половинки лінзи синім кольором, а для нижньої половинки лінзи — червоним. На рис. 2 показано два зображення предмета АВ — зображення  $A_1B_1$  (на рис. 2 показане синім кольором) та зображення  $A_2B_2$  (на

рис. 2 показане червоним кольором). Тепер зображення точки А (точки  $A_1$  і  $A_2$  не лежать на оптичних осях половинок лінз, бо сама точка А не знаходиться на оптичних осях  $F_1O_1F_1$  та  $F_2O_2F_2$ . Разом зі зміщенням оптичних осей відбулася і зміна положень фокусів лінз.

У разі збільшення відстані  $O_1O_2$  спостерігаємо подальше розходження зображень, показаних синім та червоним кольорами (рис. 3).

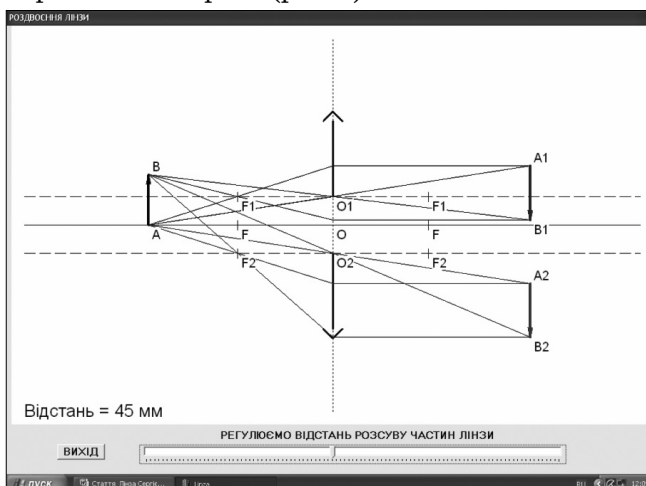


Рис. 3. Вигляд зображень предмета при збільшенні відстані між головними оптичними осями лінз до 45 мм.

Цікаво розглянути випадок, коли оптична вісь  $F_1O_1F_1$  пройде через точку В, тобто точка В лежить на ній. Тоді і зображення точки В у верхній половині лінзи  $B_1$  (зображення синього кольору) буде знаходитися на оптичній осі  $F_1O_1F_1$  (рис. 4).

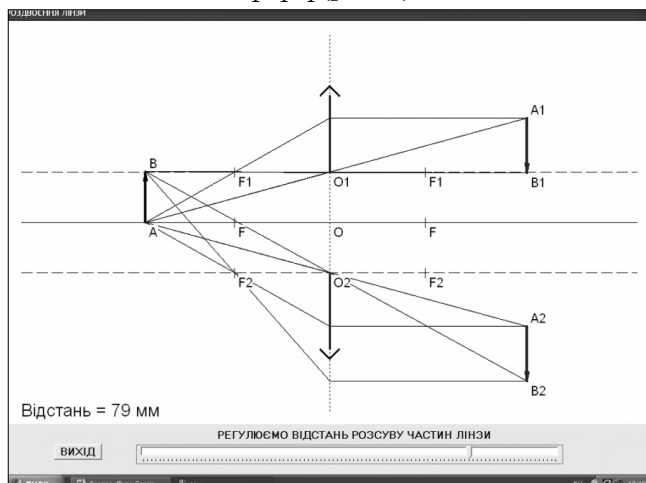


Рис. 4. Вигляд зображень предмета у разі збільшення відстані між головними оптичними осями лінз до 79 мм. Точки В та  $B_1$  лежать на оптичній осі  $F_1O_1F_1$ .

На рис. 4 положення покажчика регулятора відстані між половинками лінзи свідчить про те, що програма дозволяє подальше збільшення відстані між лінзами. У такому випадку стає у пригоді вертикальна пунктирна лінія, що проходить через оптичні центри лінз, бо промінь, що проходить через фокус нижньої лінзи  $F_2$ , зазнає заломлення при перетині саме цієї лінії, і далі проходить паралельно оптичній осі лінзи  $F_2O_2F_2$ . Представлена програма дає можливість збільшити відстань між осями лінз до величини 100 мм.

### Аналіз проведеного спостереження

Лінза складається з двох сферичних сегментів і її можна розглядати як систему призм, утворених дотичними до сегментів площинами: дотичні площини проводимо в точках падіння променя на лінзу та його виходу з лінзи. Фактично використовується тільки нескінченно тонкий шар, вирізаний з призми. Промінь світла, який потрапляє на лінзу, таким чином, проходить крізь призму, кут заломлення якої залежить від відстані від оптичної осі лінзи, тому кут заломлення променів, що проходять на різній відстані від осі лінзи буде різним, тому що він залежить від кута заломлення призми. Ретельне виконання малюнка щодо проходження променів через окремі складові частини лінзи (в даному нашому випадку пакет призм) з дотриманням законів заломлення світла показує, що всі промені, що йдуть паралельно оптичній осі лінзи перетинаються в одній точці. Це можна сприйняти як фокус — тому, на нашу думку, точка і носить таку назву.

Але слід зазначити, що наведене поняття фокусу розглядається тільки до певних меж.

Під час вивчення властивостей лінзи з використанням такої наочності, як запропоновано програмою, заощаджується лекційний час, створюється відповідний робочий настрій у студентів, що дає можливість легко подати додаткову інформацію. Зокрема, про те, що показник заломлення середовища залежить від довжини хвилі світла — тому фокусна відстань для кожної довжини хвилі буде різною. Якщо джерело світла є білим, то ми побачимо серію кольорових зображень предмета в лінзі, які виникають внаслідок того, що показник заломлення матеріалу лінзи залежить від довжини хвилі світла, тому і фокусна відстань лінзи для кожного з кольорів різна. Виходячи з правил побудови зображення, розглянутих вище, буде отримуватись стільки зображень, скільки кольорів присутні у джерелі світла. Кольорові зображення будуть знаходитися досить близько одне до одного і будуть сприйматися оком як забарвлення. Утворення забарвлення у зображенні предмета носить назву хроматичної аберації.

Якщо ж розглядати промені, які проходять на великій відстані від оптичної осі лінзи, то вони теж не потрапляють в одну точку, тобто фокус розмивається. Таке явище носить назву сферичної аберації. Технічно недоліки отримання зображення в лінзах компенсують тим, що об'єктиви виготовляють з декількох лінз, у яких аберації проявляються в протилежному до попередньої лінзи напрямку. Відбувається ефект «знищення» аберацій.

Описана програма легко підводить студента до з'ясування відповідей на запитання:

1. Як зміниться картина отримання зображень, якщо виконати ще один розріз половинок лінз, і розсунути половинки лінз у напрямку, який би був перпендикулярний до напрямку розсуву в продемонстрованій картині? Для кращого розуміння студентами запитання, можливо, у ході формулювання його треба повторити демонстрацію програми (принаймні один із малюнків).
2. Що буде відбуватися із зображенням, якщо затулити половину лінзи (див. рис. 1) непрозорим екраном?
3. Що буде відбуватися із зображенням, якщо затулити половину лінзи (див. рис. 3) непрозорим екраном? Ці відповіді мають бути такими.

1. Кожна половинка лінзи, яка давала зображення синього та червоного кольорів, відповідно, перетвориться на дві лінзи, бо оптичні осі цих лінз знову «роздвояться» і ми будемо спостерігати чотири зображення предмета. Але яскравість цих зображень з кожним збільшенням кількості лінз буде зменшуватися, бо зображення формуються променями, що проходили скрізь повну лінзу (див. рис. 1), половинку лінзи (див. рис. 3), та четверту частину лінзи, якщо виконати додатковий розсув. У даному сенсі можна нагадати, що, виходячи з квантової теорії світла, кількість квантів, що розсіює предмет, середньо-статистично, однакова в усіх розглянутих випадках. Тому, скільки б зображень ми не змогли отримати, кількість квантів світла повинна ділитися на кількість зображень.

2. Відповідаючи на друге запитання із застосуванням непрозорого екрану до випадку, зображеного на рис. 1, можна сказати, що інтенсивність зображення зменшиться вдвічі, бо половина променів поглинеться непрозорим екраном. У даному випадку екран буде слугувати апертурною діафрагмою. Тобто такою, яка змінює інтенсивність зображення, але не змінює його вигляд. Апертурна діафрагма може тільки взагалі знищити зображення, коли закрити лінзу повністю.

3. У випадку, коли ми застосовуємо екран із розсунутими половинками лінзи, перекриття половинки лінзи буде причиною зникнення одного із зображень. Якщо дати можливість пройти хоч деяким променям, тобто не затулити всю половинку лінзи, то зображення залишиться, але його яскравість буде малою. Водночас яскравість другого зображення, яке створене променями, що пройшли через другу половинку лінзи, залишиться незмінною.

Тут варто згадати про польові діафрагми. Уявимо, що непрозорим екраном ми затулили частину предмета АВ, що фігурує на всіх рисунках. Припустимо, що затулили точку А (на рисунках це стрілка). Ми обмежили поле зору — змінили предмет, перекрили рух всім світловим квантам, що розсіюються цією частиною предмета, тобто змінили поле спостереження. Діафрагма, розташована у такому місці, носить назву польової.

Якщо створюється оптичний пристрій, який складається не з однієї лінзи, то можливе існування декількох місць розташування як польових, так і апертурних діафрагм. Можна сміливо сказати, що місце польової діафрагми там, де знаходиться або предмет, або його дійсне зображення.

Розроблений у статті фрагмент лекції добре сприймається студентами природничих спеціальностей і може бути корисним у технології дистанційного навчання.

Опис розв'язку задачі про утворення зображення двома половинками лінз без використання програми, яка дозволяє провести його ілюстрацію, був наведений в [1, с. 102].

### Література

1. Атаманчук П.С., Ляшенко О.І., Мендерецький В.В., Кух А.М. Методичні основи організації і проведення навчального фізичного експерименту: Навчальний посібник. — Кам'янець-Подільський: ПП Буйницький О.А., 2006. — 216 с.
2. Губанова А.О. Якісний підхід до вивчення теми «Побудова зображень в лінзах»/Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Проектування освітніх середовищ як методична проблема». Укладач: В.Д. Шарко. — Херсон: Видавництво ХДУ, 2008 — 232 с. — С. 102–104.
3. Сергієнко В.П. Курс фізики: Навч. посібник. — К.: Майстер-клас, 2006. — 368 с.



## МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМИ ADOBE FLASH CS3 PROFESSIONAL

Рибалко О.О.

Відомо, що найвища якість засвоєння учнями інформації досягається за поєднання слова вчителя та наочних методів навчання. У початковій школі необхідно використовувати наочність на всіх уроках. І урок математики не є винятком. Педагогічний принцип наочності навчання вимагає постійного вдосконалення засобів навчання, відповідних рівню розвитку науки і техніки.

Підвищення якості навчання тісно пов'язано з удосконаленням методики викладання, що, у свою чергу, залежить від широкого застосування вчителем інформаційно-комунікаційних технологій. Застосування інформаційних технологій дає можливість реалізувати найскладніші теми шкільного курсу, які неможливо пояснити словами або на картинках.

Особливо важко уявити учням, як рухаються два тіла. Для того щоб вони краще засвоїли тему, і було створено за допомогою програми Adobe Flash CS3 Professional електронний навчальний посібник. За його допомогою учні можуть спостерігати за рухом автомобілів, які мають змогу рухатися швидше, повільніше, можуть зупинитися або рухатися по прямій чи кривій. Ав-

томобілі можуть рухатися в одному напрямку, у протилежних напрямках або зустріч один одному.

Посібник складається з ехе-файлу (рис. 1) та 10 swf-файлів, зміст яких наведено на рис. 2 — рис. 11.

### Створення ехе-файлу

Щоб створити ехе-файл (див. рис. 1), потрібно створити новий документ у програмі Adobe Flash CS3 Professional, обравши при цьому Flash File (ActionScript 2.0).

У новому документі потрібно створити 5 кадрів та дати їм назву (на свій розсуд). Щоб створити кадр, необхідно виділити лівою кнопкою миші потрібний кадр і натиснути на клавішу **F7**. На панелі **Properties** слід увести ім'я даного кадру, наприклад, «Початок». Після цього виділяємо кадр під номером 10 (можна вибрати будь-який), натискаємо клавішу **F7** та на панелі **Properties** вводим назву «Література» (рис. 12). Аналогі-

