**Ministerul Educației al Republicii Moldova**
**Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare**

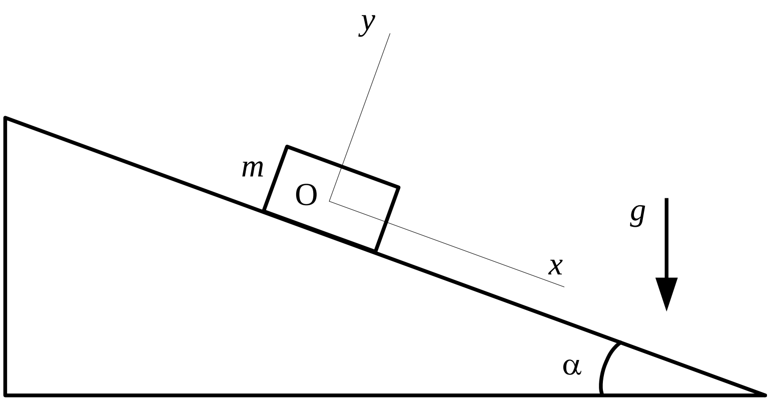
# OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LIII

CHIȘINĂU, 31 martie – 3 aprilie 2017

## Proba teoretică ORF 2017, clasa a 12

**Problema 1** (10,0 puncte)

Un corp încărcat electric se află pe plan înclinat în câmp magnetic constant și omogen (0, 0, $B_z$). Masa corpului este *m*, iar sarcina $q>0$ . Coeficientul de frecare dintre corp și plan este $\mu<tg\alpha$ , $\alpha$ – unghiul de înclinare a planului față de orizont. Să se determine ecuațiile de mișcare a corpului $x(t)$ , $y(t)$ pentru 1. $B_z>0$ și 2. $B_z<0$, la un interval de timp $\Delta t$ de la începutul mișcării. Să se considere, că $\Delta t$ satisface inegalitatea $\Delta t \gg \frac{m}{qB\mu}$ , unde $B=|B_z|$ . E posibil să aveți nevoie de funcțiile $v_x=\dot{x}=a+b\sin(\omega t)$ și $v_y=\dot{y}=c-b\cos(\omega t)$ .

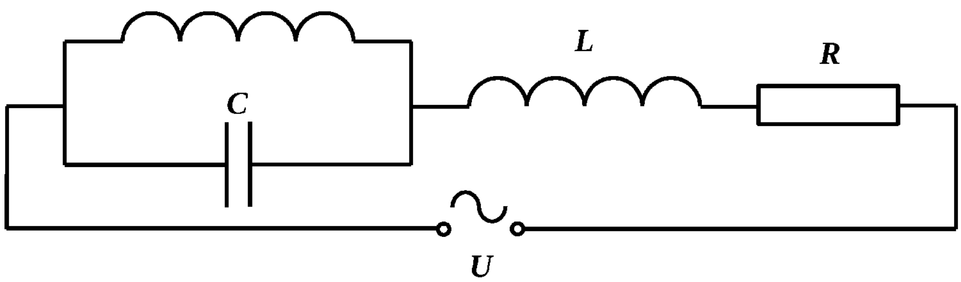



**Problema 2** (10,0 puncte)

**A.** (3,0 puncte)

Un contur oscilant *LC* supraconductor (*L*=10 H, *C*=10 μF) este inclus într-un circuit, prezentat în figură (R=1 Ω, $U=U_0\cos\omega t$ , $U_0=1V$ ).

1. Determinați valoarea frecvenței ω a generatorului de tensiune, de frecvență joasă, pentru care curentul consumat de generator va fi minim. (0,5 puncte)
2. Pentru ce frecvență $\omega_1$ curentul va fi maxim? (1,5 puncte)
3. Care este valoarea de amplitudine a curentului pentru $\omega=\omega_1$ . (0,5 puncte)
4. Găsiți amplitudinea tensiunii pe bobina de inductanță pentru $\omega=\omega_1$ . (0,5 puncte)



## Proba teoretică ORF 2017, clasa a 12

**B.** (7,0 puncte)

La scufundafrea unei plăci dreptunghiulare lungi de lățime *l* în lichid de densitate $\rho$ se formează un menisc. Lichidul cu tensiunea superficială $\sigma$ formează un menisc convex la scufundarea plăcii. Fie *a* este nivelul lichidului pentru $x \to \infty$. Scrieți ecuația echilibrului hidrostatic cu ajutorul formulelor lui Laplace. Folosiți definiția razei de curbură a suprafeței laterale a lichidului:

$$\frac{1}{R} = \frac{-d\varphi}{dl}, \quad dl = \left(dx^2 + dy^2\right)^{\frac{1}{2}}$$

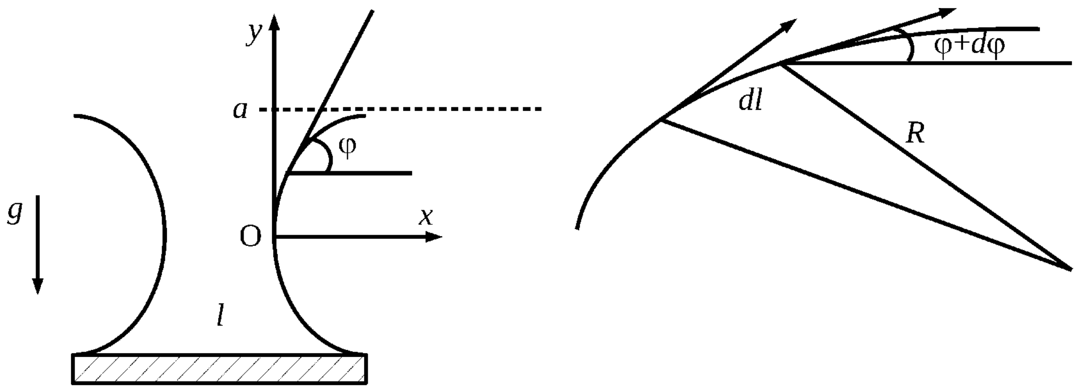
unde $\varphi$ este unghiul de înclinare a tangentei față de axa *x*.

1. Găsiți funcțiile $x(\varphi)$, $y(\varphi)$, ce definesc ecuația suprafeței laterale a lichidului în formă parametrică. (5,5 puncte)

2. Determinați constanta *a*, care caracterizează dimensiunile meniscului în depedență de $\rho$, *g*, și $\sigma$. (0,2 puncte)

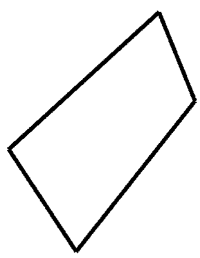
3. Ce valoare are mărimea *a* pentru apă? ($g = 9{,}81\ \frac{m}{s^2}$, $\sigma = 72{,}8 \cdot 10^{-3}\ \frac{N}{m}$). (0,3 puncte)

4. Pentru ce valoare a lățimii plăcii *l* ultima nu se va scufunda, dacă forța de tensiune superficială este îndreptată vertical în sus. (1,0 puncte)




**Problema 3** (10,0 puncte)

În figură este prezentată imaginea dreptunghiului, lungimile laturilor căruia se raportă ca 2:1. Imaginea este obținută cu ajutorul lentilei convergente. Să se găsească poziția lentilei, centrul optic al ei și axa optică principală.



probleme propuse de: dr. hab., prof. univ. Alexandr Cliucanov
dr. hab., conf. cerc. Denis Nica
dr., conf. cerc. Sergiu Vatavu
Universitatea de Stat din Moldova

**Ministerul Educației al Republicii Moldova**

**Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare**

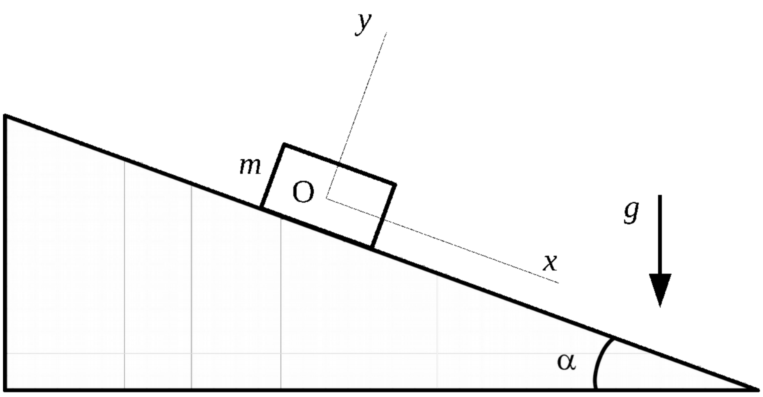
# OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LIII

CHIȘINĂU, 31 martie – 3 aprilie 2017

## Теоретический тур ORF 2017, 12 класс

**Задача 1** (10,0 баллов)

Заряженное тело находится на наклонной плоскости в однородном и постоянном магнитном поле (0, 0, $B_z$). Масса тела $m$, *заряд* $q>0$. Коэффициент трения о плоскость $\mu<tg\alpha$, $\alpha$ – угол наклона плоскости к горизонту. Найдите уравнения движения тела $x(t)$, $y(t)$ при 1. $B_z>0$ и 2. $B_z<0$ спустя промежуток времени $\Delta t$, после начала движения. Считайте, что $\Delta t$ удовлетворяет неравенству $\Delta t \gg \frac{m}{qB\mu}$, где $B=|B_z|$. Вам могут потребоваться функции $v_x=\dot{x}=a+b\sin(\omega t)$ и $v_y=\dot{y}=c-b\cos(\omega t)$.

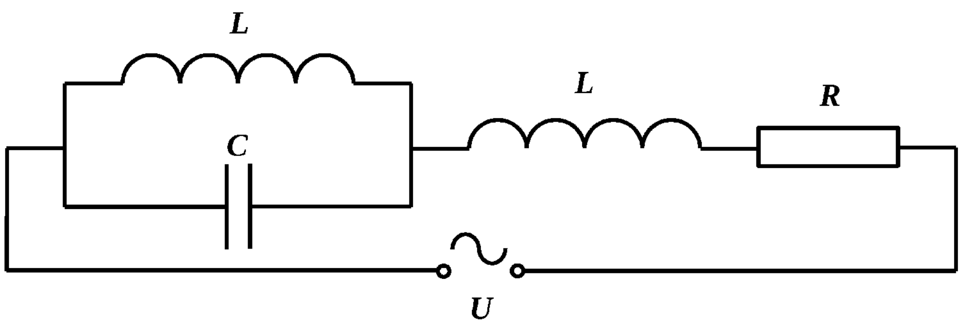



**Задача 2** (10,0 баллов)

**A.** (3,0 балла)

Сверхпроводящий колебательный *LC* контур (*L*=10 Н, *C*=10 μF) включён в цепь, представленную на рисунке (R=1 Ω, $U=U_0\cos\omega t$, $U_0=1V$).

1. Чему равна частота ω генератора напряжения низкой частоты, при которой ток, потребляемый от генератора, оказывается минимальным? (0,5 балла)
2. На какой частоте $\omega_1$ ток будет максимальным? (1,5 балла)
3. Чему равна амплитуда тока при $\omega=\omega_1$? (0,5 балла)
4. Найдите амплитудное напряжение на катушке индуктивности при $\omega=\omega_1$. (0,5 балла)



**Теоретический тур ORF 2017, 12 класс**

**B.** (7,0 баллов)

При погружении длинной прямоугольной пластины ширины $l$ в жидкость плотности $\rho$ образуется мениск. Жидкость с поверхностным натяжением $\sigma$ не смачивает пластину. Пусть $a$ уровень жидкости при $x \to \infty$. С помощью формулы Лапласа запишите уравнение гидростатического равновесия. Используйте определение радиуса кривизны боковой поверхности жидкости:

$$\frac{1}{R} = \frac{-d\varphi}{dl}, \quad dl = \left(dx^2 + dy^2\right)^{\frac{1}{2}}$$

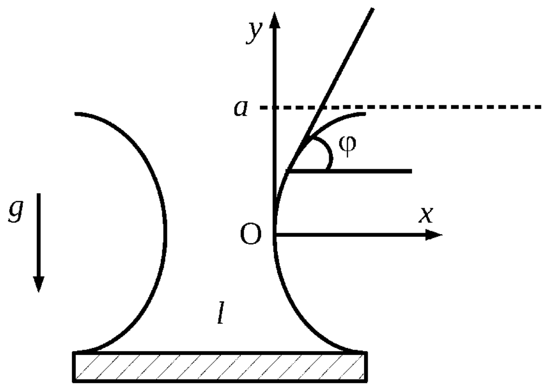
Здесь $\varphi$ угол наклона касательной к оси $x$.

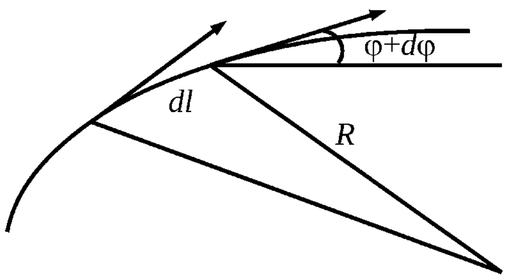
1. Найдите функции $x(\varphi)$, $y(\varphi)$, определяющие уравнение боковой поверхности жидкости в параметрической форме. (5,5 баллов)

2.Определите постоянную $a$, которая характеризует размеры мениска в зависимости от $\rho$, $g$, и $\sigma$. (0,2 балла)

3. Чему равна величина $a$ для воды? ($g$=9,81 $\frac{m}{s^2}$, $\sigma = 72{,}8 \cdot 10^{-3}\frac{N}{m}$). (0,3 балла)

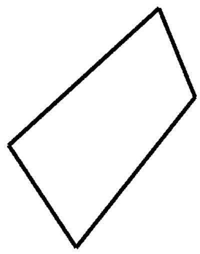
4. При какой ширине $l$ пластина не утонет, если сила повехностного натяжения направленна вертикально вверх. (1,0 балла)




**Задача 3** (10,0 баллов)

На рисунке представлено изображение прямоугольника, длины сторон которого относятся как 2:1. Изображение получено с помощью собирающей линзы. Найдите положение линзы, её оптический центр и главную оптическую ось.



probleme propuse de: dr. hab., prof. univ. Alexandr Cliucanov
dr. hab., conf. cerc. Denis Nica
dr., conf. cerc. Sergiu Vatavu
Universitatea de Stat din Moldova

Ministerul Educației al Republicii Moldova

Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare

# OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LIII

CHIȘINĂU, 31 martie – 3 aprilie 2017

## Proba teoretică ORF 2017, clasa a 12

**Problema 1** (10,0 p)

**Soluție**

Mișcarea corpului are loc în planul *xOy* și este supusă legii lui Newton:

$$m\vec{a}=m\vec{g}+q[\vec{v}\times\vec{B}]+\vec{N}+\vec{F}_{mp} \qquad (1)$$

În proiecții pe axele *x* și *y*:

$$m\ddot{x}=mg\sin\alpha-\mu N+q\dot{y}B_z \quad \text{și} \quad m\ddot{y}=N-mg\cos\alpha-q\dot{x}B_z \qquad (2)$$

**(2,0 puncte)**

Corpul se află pe plan înclinat în condiția:

$$y=\dot{y}=\ddot{y}=0 \quad .$$

$$N=mg\cos(\alpha)+q\dot{x}B_z \qquad (3)$$

**(1,0 punct)**

**1.** $B_z>0$ Forța de reacție a suportului *N* crește odată cu mărirea vitezei corpului $\dot{x}$ până atunci până când accelerația $\ddot{x}$ nu va deveni zero pentru $\mu N=mg\sin\alpha$

**(1,0 punct)**

Apoi corpul se va mișca uniform de-a lungul axei O*x* cu viteza:

$$v=(\dot{x})_{max}=\frac{mg}{qB\mu}\sin\alpha(1-\mu\, ctg\,\alpha) \qquad (4)$$

**(1,0 punct)**

**2.** $B_z<0$ Reieșind din ecuația (3) $N=mg\cos\alpha-q\dot{x}B$ $B=|B_z|$ . Forța de reacție *N* se micșorează odată cu mărirea vitezei și pentru

$$\dot{x}=v_0=\frac{g\cos\alpha}{\omega} \quad , \quad \omega=\frac{qB}{m} \qquad (5)$$

**(0,5 puncte)**

forța de reacție devine egală cu zero, ca urmare a faptului că forța Lorentz este îndreptată în sus, de-a lungul axei O*y*. Apoi, în zbor, mișcarea corpului este descrisă de legile lui Newton.

$$\ddot{x}=-\omega\left(\dot{y}-\frac{g}{\omega}\sin\alpha\right) \quad , \quad \ddot{y}=\omega\left(\dot{x}-\frac{g}{\omega}\cos\alpha\right) \qquad (6)$$

**(0,5 puncte)**

Vom folosi funcțiile din condiția problemei. Să calculăm

$\ddot{x}=b\omega\cos(\omega t)$ , $\ddot{y}=b\omega\sin(\omega t)$ . Subțituind $\ddot{x}$ și $\ddot{y}$ în ecuațiile (6), vom obține

$$\ddot{x}=b\omega\cos(\omega t)=-\omega\left(c-\frac{g}{\omega}\sin\alpha-b\cos(\omega t)\right) \text{ , de unde rezultă că } c=\frac{g}{\omega}\sin\alpha$$

**(0,5 puncte)**

$$\ddot{y}=b\omega\sin(\omega t)=\omega\left(a+b\sin(\omega t)-\frac{g\cos\alpha}{\omega}\right)$$ soluționând această ecuație, vom obține

$$a=\frac{g}{\omega}\cos\alpha=v_0 \qquad c=v_0 tg\,\alpha$$

**(0,5 puncte)**

Din condiția $\dot{y}(0)=c-b=0$ determinăm $b=v_0 p$, unde $p=tg\,\alpha$. Astfel, obținem definitiv:

$$\dot{x}(t)=v_0+pv_0\sin(\omega t)\quad,\quad \dot{y}(t)=v_0 p(1-\cos(\omega t)) \qquad (7)$$

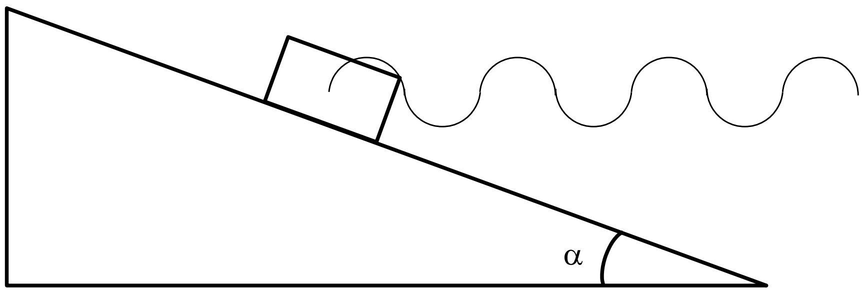
**(0,5 puncte)**

Integrând ecuațiile (7), vom obține în condiția $x(0)=y(0)=0$ :

$$x(t)=v_0\left[t+\frac{p}{\omega}(1-\cos(\omega t))\right]\quad,\quad y(t)=v_0 p\left[t-\frac{1}{\omega}\sin(\omega t)\right] \qquad (8)$$

**(2,0 puncte)**

Valorile medii pentru o perioadă $T=\frac{2\pi}{\omega}$ sunt egale cu: $\langle\dot{x}\rangle=\frac{g}{\omega}\cos\alpha$ , $\langle\dot{y}\rangle=\frac{g}{\omega}\sin\alpha$ . Viteza medie a corpului este orientată orizontal.




**(0,5 puncte)**

**Задача 1** (10,0 p)

## Решение

Движение тела происходит в плоскости *xOy* и подчиняется уравнению Ньютона:

$$m\vec{a}=m\vec{g}+q[\vec{v}\times\vec{B}]+\vec{N}+\vec{F}_{тр} \qquad (1)$$

В проекциях на оси *x* и *y*:

$$m\ddot{x}=mg\sin\alpha-\mu N+q\dot{y}B_z \quad \text{и} \quad m\ddot{y}=N-mg\cos\alpha-q\dot{x}B_z \qquad (2)$$

**(2,0 балла)**

Тело находится на наклонной плоскости при условии:

$$y=\dot{y}=\ddot{y}=0 \quad .$$

$$N=mg\cos(\alpha)+q\dot{x}B_z \qquad (3)$$

**(1,0 балл)**

**1.** $B_z>0$ Сила реакции опоры *N* растёт с ростом скорости тела $\dot{x}$ до тех пор, пока ускорение $\ddot{x}$ не обратится в ноль при $\mu N=mg\sin\alpha$

**(1,0 балл)**

Далее тело движется равномерно вдоль оси *x* со скоростью:

$$v=(\dot{x})_{max}=\frac{mg}{qB\mu}\sin\alpha(1-\mu\, ctg\,\alpha) \qquad (4)$$

**(1,0 балл)**

**2.** $B_z<0$ Согласно уравнению (3) $N=mg\cos\alpha-q\dot{x}B$ $B=|B_z|$. Сила реакции *N* уменьшается с ростом скорости тела и при

$$\dot{x}=v_0=\frac{g\cos\alpha}{\omega} \quad , \quad \omega=\frac{qB}{m} \qquad (5)$$

**(0,5 балла)**

сила реакции обращается в ноль, т. к. сила Лоренца направлена вверх вдоль оси *y*. Далее, в полёте, движение тела подчиняется уравнениям Ньютона.

$$\ddot{x}=-\omega\left(\dot{y}-\frac{g}{\omega}\sin\alpha\right) \quad , \quad \ddot{y}=\omega\left(\dot{x}-\frac{g}{\omega}\cos\alpha\right) \qquad (6)$$

**(0,5 балла)**

Используем функции данные в условии. Вычислим

$\ddot{x}=b\omega\cos(\omega t)$ , $\ddot{y}=b\omega\sin(\omega t)$ . Подставляя $\ddot{x}$ и $\ddot{y}$ в уравнения (6), получим

$\ddot{x}=b\omega\cos(\omega t)=-\omega(c-\frac{g}{\omega}\sin\alpha-b\cos(\omega t))$ , следовательно $c=\frac{g}{\omega}\sin\alpha$

**(0,5 балла)**

$\ddot{y}=b\omega\sin(\omega t)=\omega(a+bsin(\omega t)-\frac{gcos\alpha}{\omega})$ решая это уравнение, получим

$$a=\frac{g}{\omega}\cos\alpha=v_0 \qquad c=v_0 tg\,\alpha$$

**(0,5 балла)**

Из условия $\dot{y}(0)=c-b=0$ находим $b=v_0 p$ , где $p=tg\alpha$ . Таким образом окончательно

$$\dot{x}(t)=v_0+pv_0\sin(\omega t) \quad , \quad \dot{y}(t)=v_0 p(1-\cos(\omega t)) \qquad (7)$$

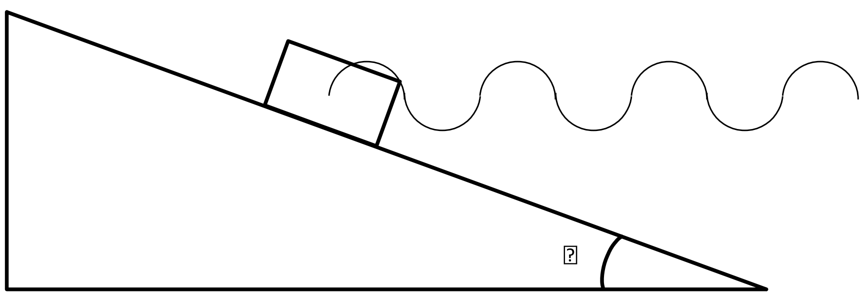
**(0,5 балла)**

Интегрируя уравнения (7), получим при условии $x(0)=y(0)=0$ :

$$x(t)=v_0[t+\frac{p}{\omega}(1-\cos(\omega t))] \quad , \quad y(t)=v_0 p[t-\frac{1}{\omega}\sin(\omega t)] \qquad (8)$$

**(2,0 балла)**

Средние значения за период $T=\frac{2\pi}{\omega}$ равны: $\langle\dot{x}\rangle=\frac{g}{\omega}\cos\alpha$ , $\langle\dot{y}\rangle=\frac{g}{\omega}\sin\alpha$ . Средняя скорость тела направлена горизонтально.



**(0,5 балла)**

# OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LIII

CHIȘINĂU, 31 martie – 3 aprilie 2017

## Proba teoretică ORF 2017, clasa a 12

**Problema 2** (10,0 p)

**Soluție**

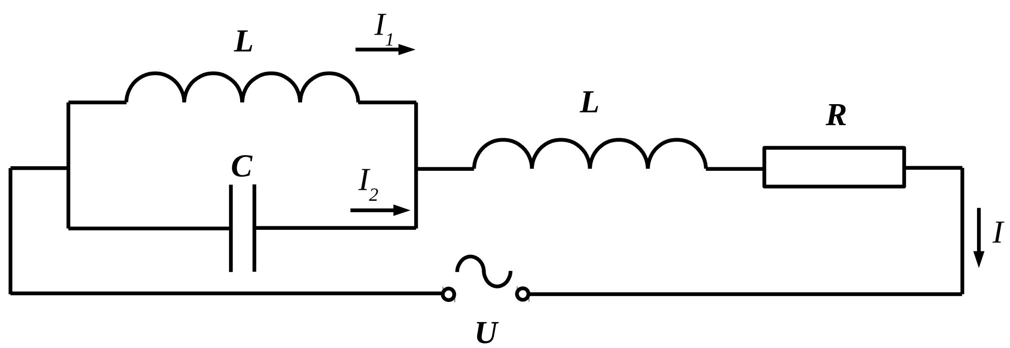
**A.**

**1.** Curentul prin rezistența $R$ va fi egal cu zero în cazul când toată tensiunea aplicată $U(t)$ cade pe conturul supraconductor ideal, Rezistența căruia tinde la infinit.

$$\omega=\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}=10^2 s^{-1}$$

**(0,5 puncte)**

**2.** Dacă toată tensiunea cade pe rezistență, atunci frecvența generatorului este egală cu frecvența proprie a oscilațiilor conturului:




Folosind legile lui Kirchhoff obținem:

$$\dot{I}_1 L=-\dot{I}L=\frac{q}{C}\quad , \quad I=I_1+I_2 \quad , \quad I_2=\dot{q}$$ , $I$ – intensitatea curentului

**(0,6 puncte)**

Tensiunea pe o bobină este egală cu tensiunea pe cealaltă și e opusă după fază. Soluționând sistemul de ecuații, obținem:

$$2\dot{I}_1 L=-\dot{I}_2 L=\frac{-\ddot{q}}{L} \qquad \ddot{q}=-2\omega_0^2 q \qquad \omega_1=\sqrt{2}\omega_0=\sqrt{2}10^2\frac{1}{s}=141\frac{1}{s}$$

**(0,4 puncte)**

**3.** Curentul prin rezistența $R$ este egal cu $I=\frac{U_0}{R}\cos\omega t=I_0\cos\omega t$ , $I_0=1\,A$

**(0,2 puncte)**

**4.** Amplitudinea tensiunii pe ambele bobine și pe condensator este una și aceeași și este egală cu:

$$U_2=I_0\omega_1 L=1{,}41\,kV$$

**(0,3 puncte)**

**B.**

**1.** Suprafața meniscului este deteminată de ecuația echilibrului hidrostatic:

$$\rho g(a-y)=\frac{\sigma}{R} \quad , \quad \frac{dy}{dx}=tg\varphi \quad , \quad dl=\frac{dy}{\sin\varphi} \qquad (1)$$

Din ecuația (1) găsim

$$\rho g(a-y)=\sigma\sin\varphi\frac{d\varphi}{dy} \qquad (y-a)dy=\frac{\sigma}{\rho g}\sin\varphi\, d\varphi=\frac{-\sigma}{\rho g}dcos\varphi \qquad (2)$$

**(0,5 puncte)**

Integrând partea stângă și dreaptă a ecuației (2), obținem:

$$\frac{1}{2}(y-a)^2=\frac{\sigma}{\rho g}(1-\cos\varphi) \qquad (3)$$

**(0,5 puncte)**

Pentru $\varphi=0$ , $y=a$ . Astfel:

$$y(\varphi)=a-\sqrt{\frac{2\sigma}{\rho g}(1-\cos\varphi)} \quad , \quad y\left(\frac{\pi}{2}\right)=0 \qquad a=\sqrt{\frac{2\sigma}{\rho g}} \qquad (3)$$

**(0,5 puncte)**

$$y(\varphi)=a\left(1-\sqrt{2}\sin\frac{\varphi}{2}\right) \qquad (4)$$

**(0,5 puncte)**

Folosind funcția $y(\varphi)$ (4) găsim depedența *x* de $\varphi$ .

$$dx=ctg\varphi\, dy=\frac{-a}{\sqrt{2}}\cos\frac{\varphi}{2}ctg\varphi\, d\varphi=\frac{-a}{\sqrt{2}}\frac{1-2\sin^2\frac{\varphi}{2}}{2\sin\frac{\varphi}{2}\cos\frac{\varphi}{2}}\cos\frac{\varphi}{2}d\varphi \quad ,$$

$$dx=\frac{a}{\sqrt{2}}\sin\frac{\varphi}{2}d\varphi-\frac{a}{2\sqrt{2}}\frac{d\varphi}{\sin\frac{\varphi}{2}}\frac{\sin\frac{\varphi}{2}}{\sin\frac{\varphi}{2}}=-\sqrt{2}ad\left(\cos\frac{\varphi}{2}\right)+\frac{a}{\sqrt{2}}\frac{d\left(\cos\frac{\varphi}{2}\right)}{1-\cos^2\frac{\varphi}{2}}$$

Transformăm

$$\frac{1}{1-\cos^2\frac{\varphi}{2}}=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{1-\cos\frac{\varphi}{2}}+\frac{1}{1+\cos\frac{\varphi}{2}}\right)$$

$$dx=-a\sqrt{2}d\left(\cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)\right)+\frac{a}{2\sqrt{2}}d\left(\ln\left(\frac{1+\cos\frac{\varphi}{2}}{1-\cos\frac{\varphi}{2}}\right)\right)$$

**(1,0 punct)**

Astfel,

$$x(\varphi)=a\{\frac{1}{2\sqrt{2}}\ln(\frac{1+\cos\frac{\varphi}{2}}{1-\cos\frac{\varphi}{2}})-\sqrt{2}\cos\frac{\varphi}{2}\}+x_0$$

Constanta de integrare $x_0$ o găsim din condiția $x(\frac{\pi}{2})=0$

$$x_0=a\{1-\frac{1}{2\sqrt{2}}\ln(\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}+1})\}$$

**(0,5 puncte)**

Definitiv obținem că

$$x(\varphi)=a\{1-\sqrt{2}\cos(\frac{\varphi}{2})+\frac{1}{2\sqrt{2}}\ln(\frac{1+\cos(\frac{\varphi}{2})}{1-\cos(\frac{\varphi}{2})}\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}+1})\} \qquad (5)$$

**(2,0 puncte)**

**2.** $a=(\frac{2\sigma}{\rho g})^{1/2}$

**3.** $a=(\frac{2*72,8}{9,81})^{1/2}*10^{-3}m=3,85\,mm$

**(0,5 puncte)**

**4.** Placa nu se va scufunda dacă pentru $\varphi=\pi$ lățimea ei va satisface inegalitatea

$$l>2x(\pi)$$

**(0,5 puncte)**

deoarece pentru $\varphi=\pi$ forța de tensiune superficială este îndreptată vertical în sus. Folosind ecuația (5), găsim

$$l>2a(1+\frac{1}{2\sqrt{2}}\ln(\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}+1})) \quad , \quad l>2a(1-\frac{1}{\sqrt{2}}\ln(1+\sqrt{2}))$$

substituind valorile numerice, obținem condiția:

$$l>0,754\,a$$

**(0,5 puncte)**

**Задача 2** (10,0 p)

## Решение

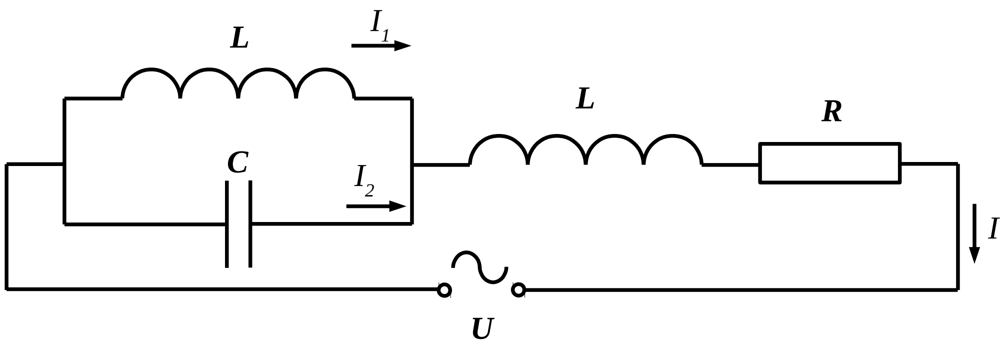
### A.

**1.** Ток через резистор $R$ будет равен нулю в случае, когда всё напряжение $U(t)$ приложено к сверхпроводящему идеальному контуру, сопротивление которого стремится к бесконечности.

$$\omega=\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}=10^2 s^{-1}$$

**(0,5 балла)**

**2.** Если всё напряжение падает на резисторе, то частота генератора равна собственной частоте колебаний контура:




Используя правила Кирхгофа, находим

$$\dot{I}_1 L=-\dot{I}L=\frac{q}{C} \quad , \quad I=I_1+I_2 \quad , \quad I_2=\dot{q} \quad , I \text{ – сила тока}$$

**(0,6 балла)**

Напряжение на одной катушке, равно напряжению на другой и противоположно по фазе. Решая систему уравнений, находим

$$2\dot{I}_1 L=-\dot{I}_2 L=\frac{-\ddot{q}}{L} \qquad \ddot{q}=-2\omega_0^2 q \qquad \omega_1=\sqrt{2}\omega_0=\sqrt{2}10^2\frac{1}{s}=141\frac{1}{s}$$

**(0,4 балла)**

**3.** Ток через резистор $R$ равен $I=\frac{U_0}{R}\cos\omega t=I_0\cos\omega t \quad , \quad I_0=1\,A$

**(0,2 балла)**

**4.** Амплитуда напряжения на обеих катушках и на конденсаторе одна и таже и равна

$$U_2=I_0\omega_1 L=1{,}41\,kV$$

**(0,3 балла)**

**B.**

**1.** Поверхность мениска определяется уравнением гдростатического равновесия

$$\rho g(a-y)=\frac{\sigma}{R} \quad , \quad \frac{dy}{dx}=tg\varphi \quad , \quad dl=\frac{dy}{\sin\varphi} \qquad (1)$$

Из уравнения (1) находим

$$\rho g(a-y)=\sigma\sin\varphi\frac{d\varphi}{dy} \qquad (y-a)dy=\frac{\sigma}{\rho g}\sin\varphi\, d\varphi=\frac{-\sigma}{\rho g}dcos\varphi \qquad (2)$$

**(0,5 балла)**

Интегрируя левую и правую части уравнения (2), получим

$$\frac{1}{2}(y-a)^2=\frac{\sigma}{\rho g}(1-\cos\varphi) \qquad (3)$$

**(0,5 балла)**

При $\varphi=0$ , $y=a$ . Таким образом

$$y(\varphi)=a-\sqrt{\frac{2\sigma}{\rho g}(1-\cos\varphi)} \quad , \quad y(\frac{\pi}{2})=0 \qquad a=\sqrt{\frac{2\sigma}{\rho g}} \qquad (4)$$

**(0,5 балла)**

$$y(\varphi)=a(1-\sqrt{2}\sin\frac{\varphi}{2}) \qquad (5)$$

**(0,5 балла)**

Используя функцию $y(\varphi)$ (4) находим зависимость $x$ от $\varphi$ .

$$dx=ctg\varphi\, dy=\frac{-a}{\sqrt{2}}\cos\frac{\varphi}{2}ctg\varphi\, d\varphi=\frac{-a}{\sqrt{2}}\frac{1-2\sin^2\frac{\varphi}{2}}{2\sin\frac{\varphi}{2}\cos\frac{\varphi}{2}}\cos\frac{\varphi}{2}d\varphi \quad ,$$

$$dx=\frac{a}{\sqrt{2}}\sin\frac{\varphi}{2}d\varphi-\frac{a}{2\sqrt{2}}\frac{d\varphi}{\sin\frac{\varphi}{2}}\frac{\sin\frac{\varphi}{2}}{\sin\frac{\varphi}{2}}=-\sqrt{2}ad(\cos\frac{\varphi}{2})+\frac{a}{\sqrt{2}}\frac{d(\cos\frac{\varphi}{2})}{1-\cos^2\frac{\varphi}{2}}$$

Преобразуем

$$\frac{1}{1-\cos^2\frac{\varphi}{2}}=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{1-\cos\frac{\varphi}{2}}+\frac{1}{1+\cos\frac{\varphi}{2}}\right)$$

$$dx=-a\sqrt{2}d\left(\cos\left(\frac{\varphi}{2}\right)\right)+\frac{a}{2\sqrt{2}}d\left(\ln\left(\frac{1+\cos\frac{\varphi}{2}}{1-\cos\frac{\varphi}{2}}\right)\right)$$

**(1,0 балл)**

Таким образом

$$x(\varphi)=a\{\frac{1}{2\sqrt{2}}\ln(\frac{1+\cos\frac{\varphi}{2}}{1-\cos\frac{\varphi}{2}})-\sqrt{2}\cos\frac{\varphi}{2}\}+x_0$$

Постоянную интегрирования $x_0$ находим из условия $x(\frac{\pi}{2})=0$

$$x_0=a\{1-\frac{1}{2\sqrt{2}}\ln(\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}+1})\}$$

**(0,5 балла)**

Окончательно получим

$$x(\varphi)=a\{1-\sqrt{2}\cos(\frac{\varphi}{2})+\frac{1}{2\sqrt{2}}\ln(\frac{1+\cos(\frac{\varphi}{2})}{1-\cos(\frac{\varphi}{2})}\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}+1})\} \qquad (5)$$

**(2,0 балла)**

**2.** $a=(\frac{2\sigma}{\rho g})^{1/2}$

**3.** $a=(\frac{2*72,8}{9,81})^{1/2}*10^{-3}m=3,85\,mm$

**(0,5 балла)**

**4.** Пластина не утонет, если при $\varphi=\pi$ ширина пластины удовлетворяет неравенству

$$l>2x(\pi)$$

**(0,5 балла)**

поскольку при $\varphi=\pi$ сила поверхностного натяжения направлена вертикально вверх. Используя уравнение (5), находим

$$l>2a(1+\frac{1}{2\sqrt{2}}\ln(\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}+1})) \quad , \quad l>2a(1-\frac{1}{\sqrt{2}}\ln(1+\sqrt{2}))$$

подставляя часленные значения, получим условие

$$l>0,754\,a$$

**(0,5 балла)**

**Problema 3** (10,0 puncte)

**Soluție**

Razele paralele, îndreptate de-a lungul laturilor dreptunghiului, după refracție în lentilă se intersectează în punctul $x_0$ și $x_2$. Prelungirea acestor raze determină conturul imaginii. Acest fapt ne permite de a găsi poziția planului focal și punctele $x_1$ și $x_3$ reieșind imaginea dată. Utilizând raze suplimentare orientate după laturile și diagonalele dreptunghiului precum și cele ce trec prin centrul optic al lentilei observăm, că, triunghiul $x_2Ox_0$ (vezi Fig. 2) este dreptunghic, iar unghiurile în vârful O întriunghiurile $x_2Ox_1$ și $x_3Ox_2$ sunt $\frac{\pi}{6}$ reieșind din condițiile problemei.

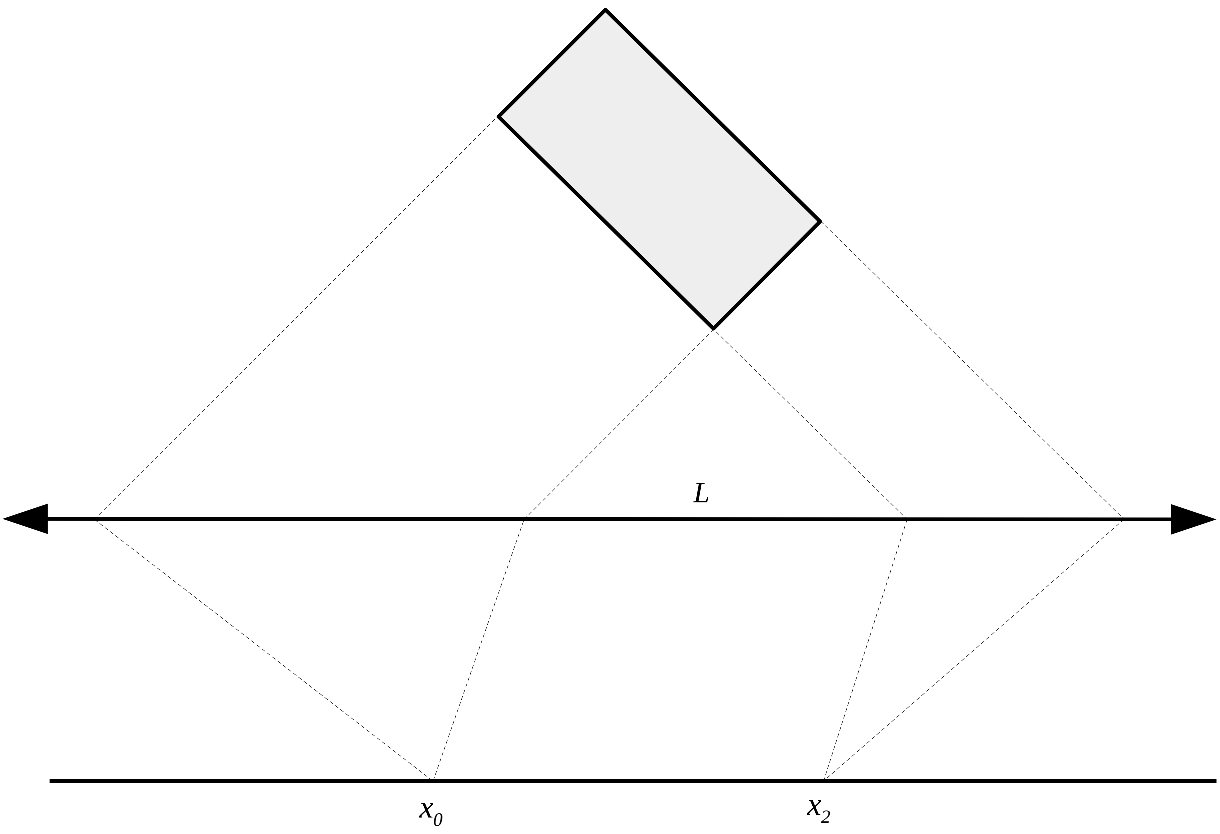



**Fig. 1**

**(2,0 puncte)**

Vom nota segmentele $|x_0 x_i|$ (i=1,2,3) prin $x_i$. Unghiul la vârful O în triunghiul $x_2Ox_0$ este egal cu $\frac{\pi}{2}$, și ca urmare punctul O se află pe circumferința diametrul căreiaeste egal cu lungimea segmentului $|x_0 x_2| = x_2$. Să notăm lungimile laturilor triunghiurilor prin. $|x_i 0| = a_i$ (i=1,2,3). Triunghiurile obținute ne permit să alcătuim relațiile:

$$a_0 = x_2 \cos(\alpha) ,$$

$$x_1 \cos(\alpha) + \frac{1}{2} a_1 = a_0 , \quad x_3 \cos(\alpha) - \frac{1}{2} a_3 = a_0 , \quad x_3 \sin(\alpha) = \frac{\sqrt{3}}{2} a_3 , \quad x_1 \sin(\alpha) = \frac{\sqrt{3}}{2} a_1 \qquad (1)$$

## Теоретический тур ORF 2017, clasa a 12

**(2,0 puncte)**

Din relațiile (1) obținem $a_1=2a_0\left(1-\dfrac{x_1}{x_2}\right)$ $\quad a_3=2a_0\left(\dfrac{x_3}{x_2}-1\right)$ $\quad\Rightarrow$

$$\frac{x_3}{x_1}=\frac{a_3}{a_1}=\frac{x_3-x_2}{x_2-x_1}\quad,\quad a_1^2=\frac{4}{3}x_1^2\left(1-\left(\frac{a_0}{x_2}\right)^2\right)\quad,\quad a_3^2=\frac{4}{3}x_3^2\left(1-\left(\frac{a_0}{x_2}\right)^2\right)$$

$$\frac{4}{3}x_1^2\left(1-\left(\frac{a_0}{x_2}\right)^2\right)=4a_0^2\left(1-\frac{x_1}{x_2}\right)^2\quad\Rightarrow\quad a_0=\frac{\frac{2}{\sqrt{3}}x_1}{\left[4\left(1-\frac{x_1}{x_2}\right)^2+\frac{4}{3}\left(\frac{x_1}{x_2}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$a_0=\frac{\frac{2}{\sqrt{3}}x_3}{\left[4\left(\frac{x_3}{x_2}-1\right)^2+\frac{4}{3}\left(\frac{x_3}{x_2}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}}\quad,\quad a_1=2a_0\left(1-\frac{x_1}{x_2}\right)\quad,\quad a_3=2a_0\left(\frac{x_3}{x_2}-1\right)$$

**(1,0 punct)**

Măsurând segmentele $x_1$, $x_2$, $x_3$ calculăm mărimea $a_0$. Din punctul $x_0$ trasăm segmentul $a_0$ până la intersecția cu circumferința. Găsim astfel centrul optic al lentilei, poziția lui și axa optică principală. În problema noastră $a_0$=138 mm, $x_1$=120 mm, $x_2$=164 mm, $x_3$=260 mm.

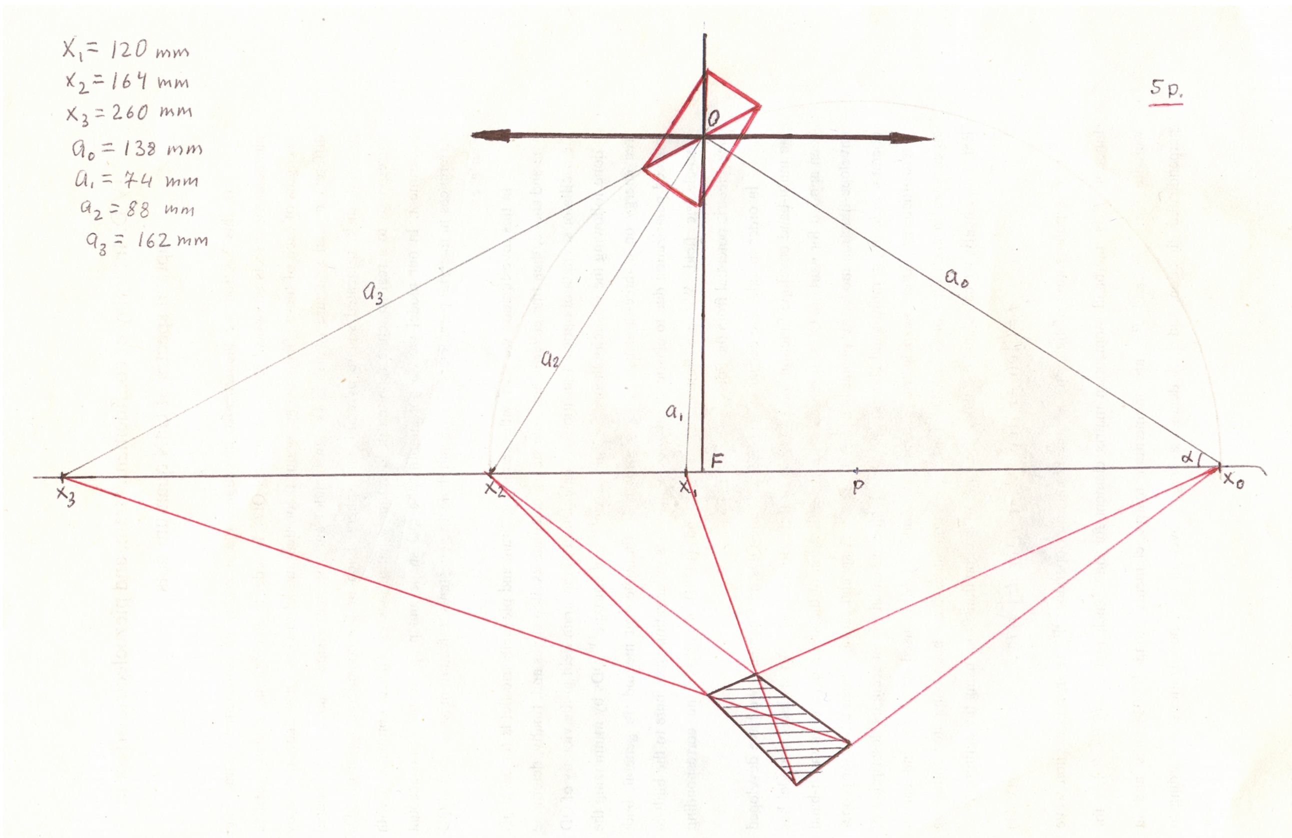



**Fig. 2**

**(5,0 puncte)**

**Задача 3** **(10,0 баллов)**

## Решение

Паралельные лучи, направленные вдоль сторон прямоугольника, после преломления в линзе пересекаются в точке $x_0$ и $x_2$. Продолжение этих лучей определяют контур изображения. Это позволяет по данному изображению найти положение фокальной плоскости и точки $x_1$ и $x_3$ на ней. Используя дополнительные лучи, ориентированные по сторонам и диагоналям прямоугольника и проходящие через оптический центр линзы замечаем, что треугольник $x_2Ox_0$ (см. Рис. 2) прямоугольный, а углы при вершине O в треугольниках $x_2Ox_1$ и $x_3Ox_2$ равны $\frac{\pi}{6}$ по условию задачи.

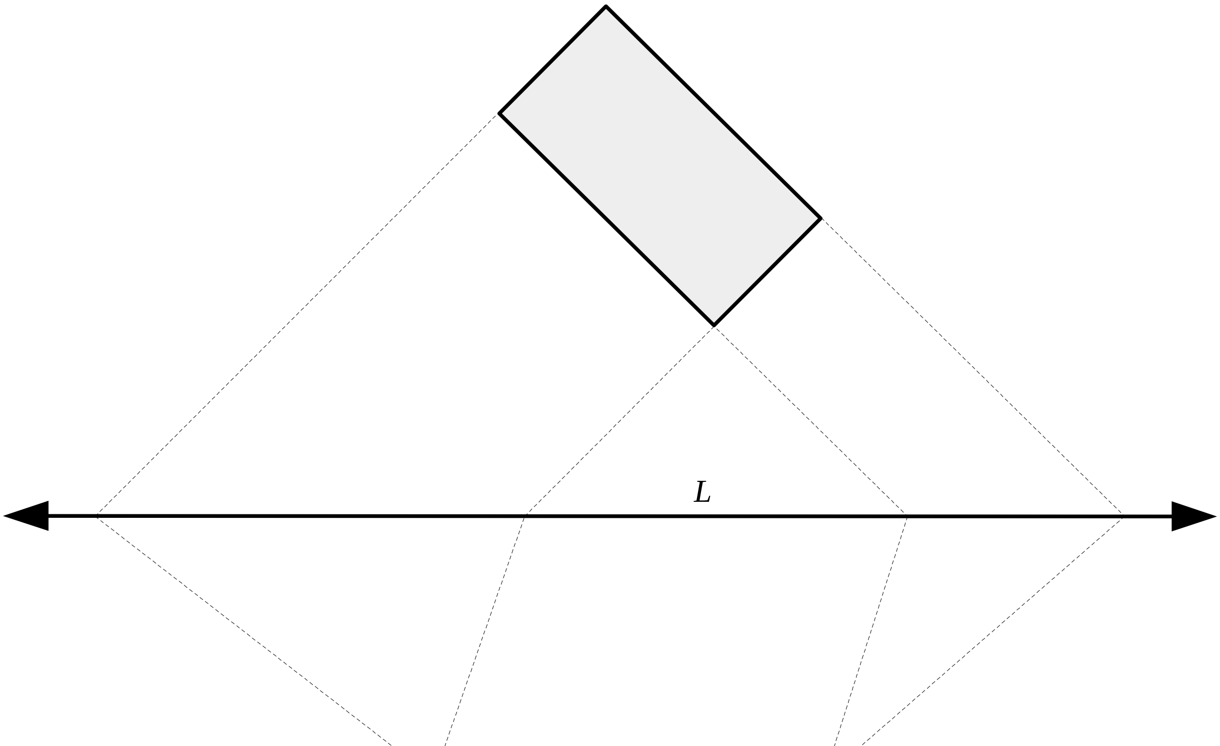



**Рис. 1**

**(2,0 балла)**

Обозначим отрезки $|x_0 x_i|$ (i=1,2,3) через $x_i$. Угол при вершине O в тпрегольнике $x_2Ox_0$ равен $\frac{\pi}{2}$, а следовательно точка O лежит на окружности, диаметр которой равен длине отрезка $|x_0 x_2| = x_2$. Обозначим длины сторон трекгольников $|x_i 0| = a_i$ (i=1,2,3). Полученные треугольники позволяют составить уравнения

$$a_0 = x_2\cos(\alpha), \quad x_1\cos(\alpha) + \frac{1}{2}a_1 = a_0, \quad x_3\cos(\alpha) - \frac{1}{2}a_3 = a_0, \quad x_3\sin(\alpha) = \frac{\sqrt{3}}{2}a_3, \quad x_1\sin(\alpha) = \frac{\sqrt{3}}{2}a_1 \qquad (1)$$

**(2,0 балла)**

Из уравнений (1) находим $a_1=2a_0\left(1-\frac{x_1}{x_2}\right)$ $a_3=2a_0\left(\frac{x_3}{x_2}-1\right)$ $\Rightarrow$

$$\frac{x_3}{x_1}=\frac{a_3}{a_1}=\frac{x_3-x_2}{x_2-x_1}\quad,\quad a_1^2=\frac{4}{3}x_1^2\left(1-\left(\frac{a_0}{x_2}\right)^2\right)\quad,\quad a_3^2=\frac{4}{3}x_3^2\left(1-\left(\frac{a_0}{x_2}\right)^2\right)$$

$$\frac{4}{3}x_1^2\left(1-\left(\frac{a_0}{x_2}\right)^2\right)=4a_0^2\left(1-\frac{x_1}{x_2}\right)^2\quad\Rightarrow\quad a_0=\frac{\frac{2}{\sqrt{3}}x_1}{\left[4\left(1-\frac{x_1}{x_2}\right)^2+\frac{4}{3}\left(\frac{x_1}{x_2}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$a_0=\frac{\frac{2}{\sqrt{3}}x_3}{\left[4\left(\frac{x_3}{x_2}-1\right)^2+\frac{4}{3}\left(\frac{x_3}{x_2}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}}\quad,\quad a_1=2a_0\left(1-\frac{x_1}{x_2}\right)\quad,\quad a_3=2a_0\left(\frac{x_3}{x_2}-1\right)$$

**(1,0 балл)**

Измерив отрезки $x_1$, $x_2$, $x_3$ вычисляем величину $a_0$. Из точки $x_0$ откладываем отрезок $a_0$ до пересечения с окружностью. Находим оптический центр линзы, её положение и главную оптическую ось. В нашем задании $a_0$=138 мм, $x_1$=120 мм, $x_2$=164 мм, $x_3$=260 мм.

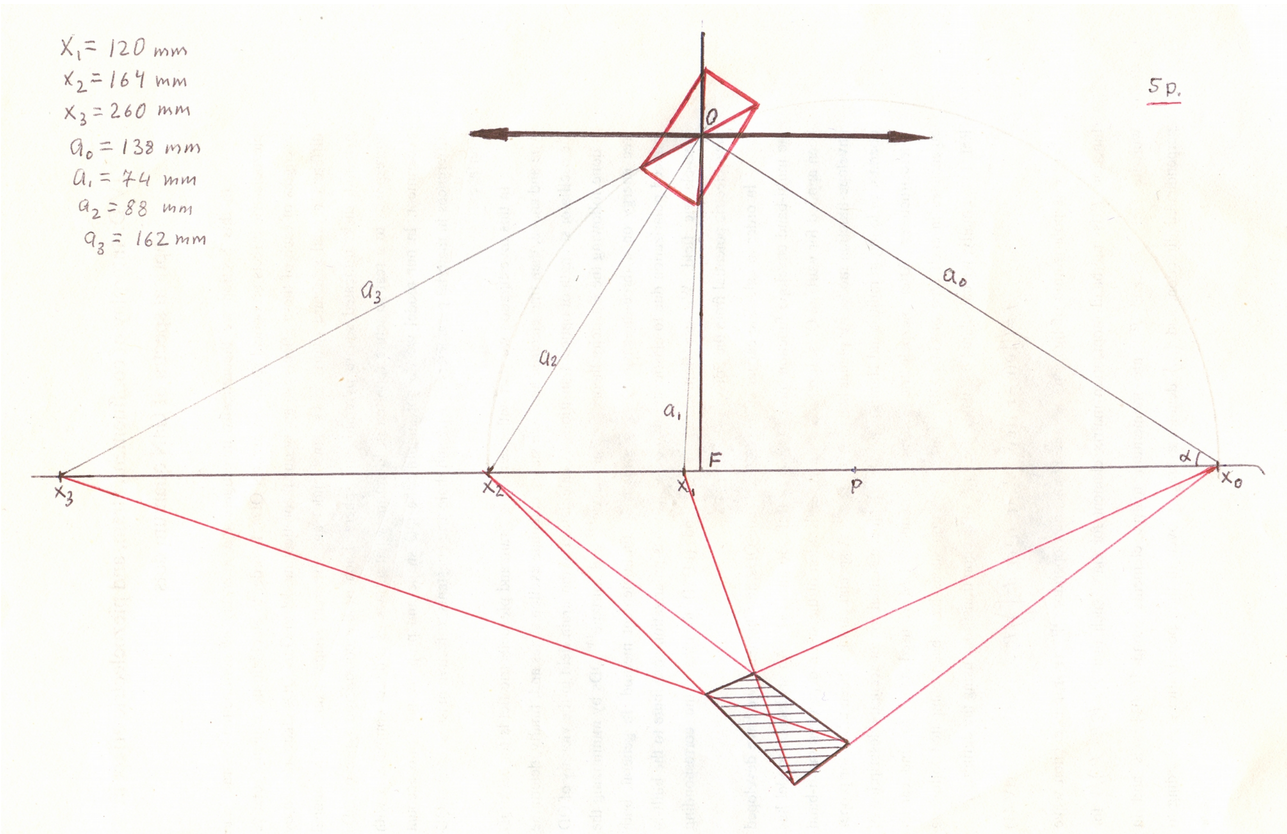



**Рис. 2**

**(5,0 баллов)**

# OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LIII

CHIȘINĂU, 31 martie – 3 aprilie 2017

## Proba practică ORF 2017, clasa a 12

**Problema 1** (20,0 puncte)

Analiza unui circuit electric necunoscut poate fi efectuată folosind mai multe metode în dependență de scopul pus. Una din metodele de analiză o veți aplica în practică pentru soluționarea problemei propuse. Un circuit electric necunoscut, pus la dispoziție pentru acest experiment, este constituit numai din elemente neliniare identice (**n** la număr). Fiecare din elementele neliniare reprezintă o joncțiune *p-n* cu contacte la fiecare din joncțiunile *p* și *n*, formând astfel o diodă semiconductoare. Ambalajul sigilat, ce conține circuitul electric necunoscut, are pe exterior 4 fire de conexiune de diferite culori (borne externe) conectate direct la circuitul electric care sunt numerotate. Folosind multimetrul digital pus la dispoziție și diodă identică cu cele folosite în circuit (atașată pe ambalaj), să se determine:

1. polaritatea elementelor neliniare (*p* sau *n*) ce sunt conectate direct la firele de conexiune externe în funcție de bornă (la ce borna și ce se conectează *p* sau *n* a elementului neliniar). (3,0 puncte)
2. numărul de elemente neliniare **n** ce constituie circuitul necunoscut. (3,0 puncte)
3. Explicați în detaliu modul de lucru și algoritmul de aflare a conexiunii elementelor neliniare în schemă și rezultatele experimentale obținute. (5,0 puncte)
4. Reprezintați grafic schema electrică ce se aflâ în ambalaj. (9,0 puncte)

Aparate şi accesorii: multimetru digital, schemă necunoscută cu dioda model pe ea.

**Notă (!)**

1. Nu deteriorați ambalajul sigilat al circuitului electric necunoscut!
2. Scrieți în foaia de răspuns numărul ambalajul sigilat.
3. Pentru informare ce ține de parametrii diodei, aveți atașată o diodă model. În experimentul dat, se va considera, că parametrii diodelor ce sunt măsurați în această lucrare pot fi diferiți (până la 5-10%).
4. Firele multimetrului folosite pentru testare sunt roșu (+) și negru (-). Firele de testare nu se vor deconecta de la multimetru (!).
5. Multimetrul digital pus la dispoziție are posibilitate de a lucra în regim de testare a diodei. Pentru a activa acest regim, poziționați manivela-circulară (comutatorul) în poziția de măsurare a diodei reprezentată prin simbolul diodei. Informația pe ecran, ce apare în decursul măsurării și se prezintă sau sub formă de 3 cifre (între 500 și 800) ce reprezintă tensiunea (în mV) ce cade pe o diodă la polarizare directă a ei sau este prezent semnul „***I***“ ce indică asupra faptului, că dioda este închisă pentru polarizarea dată a firelor de testare (roșu și negru).
6. Rezultatele masurătorilor efectuate se vor trece în tabel, unde se va indica numărul bornei și/sau culoarea firului de conexiune (albastru, verde, galben, auriu).

problemă propusă de: dr., conf. cerc. Sergiu Vatavu
Corneliu Rotaru
dr. hab., prof. univ. Alexandr Cliucanov
Serghei Moldovanu
dr. hab., conf. cerc. Denis Nica
Universitatea de Stat din Moldova

**Ministerul Educației al Republicii Moldova**

**Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare**

# OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LIII

CHIȘINĂU, 31 martie – 3 aprilie 2017

## Экспериментальный тур ORF 2017, 12 класс

**Задача 1** (20,0 баллов)

Анализ незвестной электрической цепи можно провести различными методами в зависимости от поставленной задачи. Один из методов исследования вы сможете применить, для решения данной задачи на практике. Неизвестная электрическая цепь, предоставленная для проведения данного эксперимента состоит только из идентичных нелинейных элементов (<u>**n**</u> — их общее количество). Каждый из <u>**n**</u> нелинейных элементов представляет собой *p-n* переход с контактами к каждой из областей *p* и *n*, составляя таким образом полупроводниковый диод. Внешняя упаковка содержащая неизвестную электрическую цепь имеет 4 внешних разноцветных, пронумерованных провода (внешние выводы) подключённые напрямую к электрической цепи. Используя предоставленный цифровой мультиметр и диод идентичный тем что используются в электрической схеме (диод прикреплён к упаковке), определить:

1. полярность нелинейных элементов (*p* или *n*) которые подключены к внешним контактным проводам в зависимости от вывода (к какому выводу и что подключается, *p* или *n* нелинейного элемента). (3,0 балла)
2. количество нелинейных элементов <u>**n**</u> которые составляют неизвестную электрическую цепь. (3,0 балла)
3. Подробно объясните ход работы и алгоритм нахождения соединений нелинейных элементов в схеме и полученные экспериментальные данные. (5,0 баллов)
4. Нарисуйте схематично электрическую схему находящуюся в упаковке. (9,0 баллов)

<u>Приборы и принадлежности:</u> цифровой мультиметр, неизвестная электрическая схема находящаяся в упаковке и прикреплённый к ней типовой диод.

**Примечание (!)**

1. Не повредите упаковку неизвестной электрической цепи!
2. Внесите номер упаковки со схемой в лист для ответов.
3. Для более подробного ознакомления с параметрами диодов, к упаковке прикреплён типовой диод. В данном эксперименте, надо считать, что параметры диодов измеренных в данной работе могут отличаться (до 5-10%).
4. Выводы (тестовые провода) мультиметра используемые для тестирования схемы имеют красный (+) и чёрный (-) цвета. Не отключать от прибора тестовые выводы мультиметра (!).
5. Предоставленный цифровой мультиметр имеет возможность работать в режиме тестирования диодов. Для активации данного режима, установите круглую ручку (переключатель) в положение измерения диода (обозначена символом диода). Информация на экране состоит из 3-х цифр (между 500 и 800) и преставляет собой падение напряжение (в мВ) на окрытом диоде (прямое смещение), а индикация на экране в виде „**/**“ указывает на то что диод заперт для данного подключения тестовых проводов (красного и чёрного).
6. Результаты проведённых измерений запишите в виде таблицы, в которой указан номер выводов и/или их цвет (синий, зеленый, желтый, золотой).

problemă propusă de: dr., conf. cerc. Sergiu Vatavu
Corneliu Rotaru
dr. hab., prof. univ. Alexandr Cliucanov
Serghei Moldovanu
dr. hab., conf. cerc. Denis Nica
Universitatea de Stat din Moldova

**Ministerul Educației al Republicii Moldova**
Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare

# OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LIII

CHIȘINĂU, 31 martie – 3 aprilie 2017

## Proba practică ORF 2017, clasa a 12

**Problema 1** (20,0 puncte)

**Soluție**

1.
La borna externă 3 (conductor galben) direct este conectat catodul diodei D3 **(1,2 puncte)**
La borna externă 4 (conductor verde) direct este conectat anodul diodei D4 **(1,2 puncte)**
La celelalte borne externe sunt conectate mai mult decât un singur element neliniar **(0,6 puncte)**

2. numărul de elemente neliniare (diode) **n** ce constituie circuitul necunoscut:
dacă este detectată dioda D3 **(0,4 puncte)**
dacă este detectată dioda D4 **(0,4 puncte)**
dacă este detectată dioda D1 **(1,1 puncte)**
dacă este detectată dioda D2 **(1,1 puncte)**

În circuitul analizat sunt prezente **n** = 4 diode.

3.
Algoritmul de găsire a conexiunii elementelor necunoscute constă în testarea cu multimetrul a tuturor bornelor de ieșire în regim de testare a diodei în toate combinațiile posibile. **(1,0 punct)**
Toate combinațiile posibile și valorile tensiunilor (în mV) măsurate sunt trecute în tabelul de mai jos.
Pentru fiecare din liniile și coloanele tabelului se acordă câte **0,5 puncte** (sau pentru un tabel completat corect în întregime după algoritmul de mai sus – **4 puncte**).

| Numărul bornei/culoare a firului (polarizare) | 1/auriu (-) | 2/albastru (-) | 3/galben (-) | 4/verde (-) |
|---|---|---|---|---|
| 1/auriu (+) | **X** | 500-700 | 500-700 | **„I“** |
| 2/albastru (+) | 500-700 | **X** | 1100-1500 | **„I“** |
| 3/galben (+) | **„I“** | **„I“** | **X** | **„I“** |
| 4/verde (+) | 500-700 | 1100-1500 | 1100-1500 | **X** |

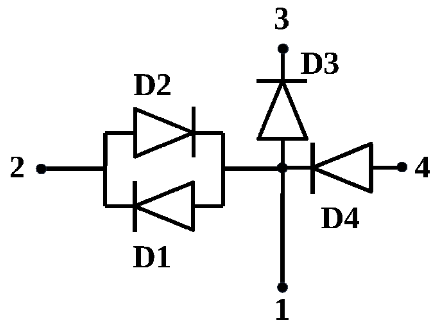
**Ministerul Educației al Republicii Moldova**
**Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare**

# OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA FIZICĂ, EDIȚIA LIII

CHIȘINĂU, 31 martie – 3 aprilie 2017

## Proba practică ORF 2017, clasa a 12

4. Schema electrică ce se află în ambalaj este prezentată mai jos:




Conexiunea corectă a diodelor D1 și D2 (paralel una cu alta în configurația indicată în desen) **(2,5 puncte)**.
Conexiunea corecta a diodei D3 la diodele D1 și D2 **(2,0 puncte)**.
Conexiunea corecta a diodei D4 la diodele D1 și D2 **(2,0 puncte)**.
Conexiunea corecta a diodei D3 cu dioda D4 **(0,5 puncte)**.

Conexiunea corecta a diodei D2 cu dioda D4 **(0,5 puncte)**.
Conexiunea corecta a diodei D2 cu dioda D3 **(0,5 puncte)**.
Conexiunea corecta a diodei D1 cu dioda D4 **(0,5 puncte)**.
Conexiunea corecta a diodei D1 cu dioda D3 **(0,5 puncte)**.

## Экспериментальный тур ORF 2017, 12 класс

**Задача 1** (20,0 баллов)

**Решение**

1.
К внешним контактным проводам 3 (желтый провод) напрямую подключен катод диода D3 **(1,2 балла)**
К внешним контактным проводам 4 (зеленый провод) напрямую подключен анод диода D4 **(1,2 балла)**
К остальным выводам подключены более одного диода **(0,6 балла)**

2. количество нелинейных элементов (диодов) **n** составляющих неизвестную схему:
если найден диод D3 **(0,4 балла)**
если найден диод D4 **(0,4 балла)**
если найден диод D1 **(1,1 балла)**
если найден диод D2 **(1,1 балла)**

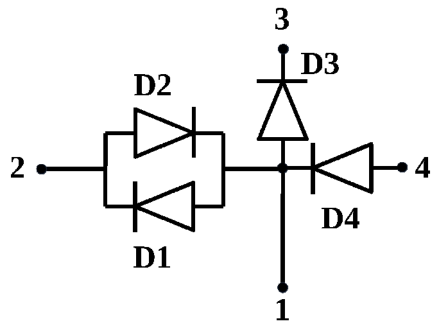
Анализируемая схема состоит из **n** = 4 диодов.

3.
Алгоритм нахождения соединений неизвестных элементов систоит в провеке мультиметром всех выводов в режиме тестирования диодов во всех возможных комбинациях. **(1,0 балл)**
Все возможные комбинации и значения напряжений (в мВ) представлены ниже.
За каждую строку или столбец таблицы, правильно заполненную **0,5 балла** (если таблица заполненная правильно согласно вышеописаному алгоритму – **4 балла**).

| Номер вывода/цвет провода (полярность) | 1/золотой (-) | 2/синий (-) | 3/желтый (-) | 4/зеленый (-) |
|---|---|---|---|---|
| 1/золотой (+) | **X** | 500-700 | 500-700 | **„I“** |
| 2/синий (+) | 500-700 | **X** | 1100-1500 | **„I“** |
| 3/желтый (+) | **„I“** | **„I“** | **X** | **„I“** |
| 4/зеленый (+) | 500-700 | 1100-1500 | 1100-1500 | **X** |

## Экспериментальный тур ORF 2017, 12 класс

4. Схема неизвестной электрической цепи:




Правильное соединение диодов D1 и D2 (паралельное, согласно схеме) **(2,5 балла)**.
Правильное соединение диода D3 с диодами D1 и D2 **(2,0 балла)**.
Правильное соединение диода D4 с диодами D1 и D2 **(2,0 балла)**.
Правильное соединение диода D3 с диодом D4 **(0,5 балла)**.

Правильное соединение диода D2 с диодом D4 **(0,5 балла)**.
Правильное соединение диода D2 с диодом D3 **(0,5 балла)**.
Правильное соединение диода D1 с диодом D4 **(0,5 балла)**.
Правильное соединение диода D1 с диодом D3 **(0,5 балла)**.