1. Найдите период $T(E)$ одномерного финитного движения частицы с массой m и энергией E в потенциале $U(x) = -m\omega^2 \mathrm{ch}^{-2} \alpha x$.

2. Материальная точка с массой 1 движется без диссипации в потенциале

$$U(x) = \frac{2x}{x^2 + 1}$$

Произведите анализ системы на фазовой плоскости:

1. Найдите положения равновесия системы и определите их тип.
2. Укажите диапазон энергий, в котором возможно финитное движение.
3. Найдите уравнения $f(x, \dot{x}) = 0$ для сепаратрис, т. е. фазовых траекторий, отделяющих друг от друга области фазовой плоскости, отвечающие качественно различным движениям.
4. Постройте фазовый портрет системы, выделив на нем найденные положения равновесия и сепаратрисы.

1. Найдите симметричный потенциал $U(x)$, $U(x) = U(-x)$, $U(0) = 0$, в котором частица с массой m и энергией E совершает одномерное движение с периодом $T = T_0 E^4 / E_0^4$.

2. Материальная точка с массой 1 движется без диссипации в потенциале

$$U(x) = 2x^6 - 15x^4 + 24x^2$$

Произведите анализ системы на фазовой плоскости:

1. Найдите положения равновесия системы и определите их тип.
2. Укажите диапазон энергий, в котором возможно финитное движение.
3. Найдите уравнения $f(x, \dot{x}) = 0$ для сепаратрис, т. е. фазовых траекторий, отделяющих друг от друга области фазовой плоскости, отвечающие качественно различным движениям.
4. Постройте фазовый портрет системы, выделив на нем найденные положения равновесия и сепаратрисы.

1. Найдите изменение $\delta T(E)$ периода движения частицы с массой m и энергией E в потенциале

$$U(x) = \begin{cases} 0, & |x| < a, \\ +\infty, & |x| \geq a, \end{cases}$$

При малом возмущении потенциала $\delta U = \beta x^2$.

2. Материальная точка с массой 1 движется без диссипации в потенциале

$$U(x) = -2x^6 + 15x^4 - 24x^2$$

Произведите анализ системы на фазовой плоскости:

1. Найдите положения равновесия системы и определите их тип.
2. Укажите диапазон энергий, в котором возможно финитное движение.
3. Найдите уравнения $f(x, \dot{x}) = 0$ для сепаратрис, т. е. фазовых траекторий, отделяющих друг от друга области фазовой плоскости, отвечающие качественно различным движениям.
4. Постройте фазовый портрет системы, выделив на нем найденные положения равновесия и сепаратрисы.

Вариант 1.

1. Найти период $T(E)$ одномерного финитного движения частицы с массой m и энергией E в потенциале $U(x) = -\frac{m\omega^2}{2}\operatorname{ch}^{-2}\alpha x$.

2. Материальная точка массой $m = 1$ движется в потенциальном поле $U(x) = x^4 + \frac{4x^3}{3} - 4x^2 + 1$ в присутствии одномерной диссипативной силы $F_d = -7\dot{x}$. Найти положения равновесия системы и определить их тип. Построить фазовый портрет.

Вариант 3.

1. Найти период одномерного финитного движения $T(E)$ частицы с массой m и энергией E в потенциале $U(x) = -\frac{\alpha}{x} + \frac{\beta^2}{x^2}$.

2. Найти изменение $\delta T(E)$ периода движения частицы с массой m и энергией E в потенциале $U(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } |x| < a \\ \infty & \text{при } |x| \geq a \end{cases}$ при малом возмущении потенциала $\delta U = \beta x^2$

Сорвачева (№1) 3 1 кр 1

1.2.1 Частица с массой m и зарядом e движется по обручу, находящемуся в горизонтальной плоскости, ортогональной стационарному однородному магнитному полю **B**. Радиус обруча меняется по закону $R(t)$. Найти функцию Лагранжа, уравнения движения частицы (уравнения Лагранжа) и законы сохранения. Радиус обруча изменился от начального момента с R_1 до R_2, как изменилась скорость движения частицы по обручу, если в начальный момент она была равна v_1?

№4 $m, e, B, R(t)$

Сорвачева К

3.1 Найти изменение $\delta T(E)$ периода движения частицы с массой m и энергией E в потенциале

$$U(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } |x| < a \\ \infty & \text{при } |x| \geq a \end{cases}$$

при малом возмущении потенциала $\delta U = \beta x^2$.

3.2 Материальная точка с массой 1 движется без диссипации в потенциале

$$U = 3x^4 + 16x^3 + 18x^2 + 5.$$

Произведите анализ системы на фазовой плоскости:

3.2.1 Найдите положения равновесия системы и определите их тип.

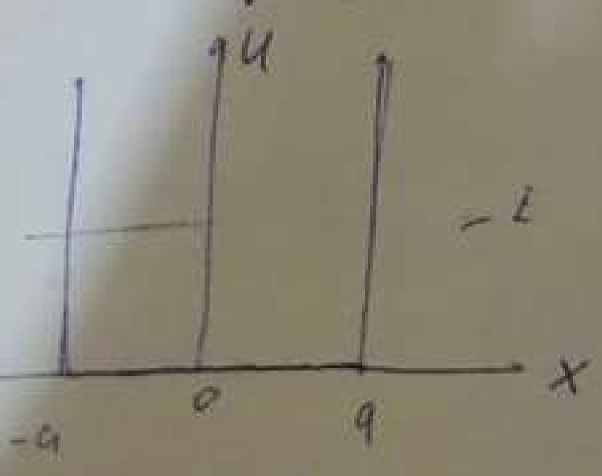
3.2.2 Укажите диапазон энергий, в котором возможно финитное движение материальной точки.

3.2.3 Найдите уравнения $f(x, \dot{x}) = 0$ для сепаратрис, т. е. фазовых траекторий, отделяющих друг от друга области фазовой плоскости, соответствующие качественно различным движениям.

3.2.4 Постройте фазовый портрет системы, выделив на нем найденные положения равновесия и сепаратрисы.

№3.1 $U(x) = \begin{cases} 0, & |x| < a \\ \infty, & |x| \geq a \end{cases}$ $\delta U = \beta x^2$, m, E

$\delta T(E)$ - ?



$$\delta T = -\frac{\partial}{\partial E} \int_{x_1}^{x_2} \frac{\sqrt{2m}\,\delta U}{\sqrt{E-U}}\,dx$$

$$\delta T = -\frac{\partial}{\partial E} \int_{-a}^{a} \frac{\sqrt{2m}\,\beta x^2}{\sqrt{E}}\,dx =$$

$$\partial \left(\frac{\sqrt{2m}\,\beta x^3}{\ldots} \right|^{a} = -\frac{\partial}{\partial E} \frac{2}{3} \frac{\sqrt{2m}\,\beta a^3}{\ldots} =$$

Чубаров

2.1 Найти симметричный потенциал, $U(0)=0$, $U(x)=U(-x)$, в котором частица массой m и энергией E совершает одномерное движение с периодом $T(E)=T_0\dfrac{E^4}{E_0^4}$.

2.2 Материальная точка с массой 1 движется без диссипации в потенциале $U = x + x^{-1}$.

Произведите анализ системы на фазовой плоскости:

2.2.1 Найдите положения равновесия системы и определите их тип.

2.2.2 Укажите диапазон энергий, в котором возможно финитное движение материальной точки.

2.2.3 Найдите уравнения $f(x,\dot{x})=0$ для сепаратрис, т. е. фазовых траекторий, отделяющих друг от друга области фазовой плоскости, соответствующие качественно различным движениям.

2.2.4 Постройте фазовый портрет системы, выделив на нем найденные положения равновесия и сепаратрисы.

№1

$U(0)=0 \quad U(x)=U(-x)$, m, E $\quad T(E)=T_0\dfrac{E^4}{E_0^4}$

пусть x_1 и x_2 - точки разворота, тогда $x_2(U)-x_1(U)=\varphi(U)$

$$\varphi(U)=\frac{1}{\sqrt{2m}\,\pi}\int_0^U\frac{T(E)\,dE}{\sqrt{U-E}}$$

$$\frac{T_0}{E_0^4}\int_0^U\frac{E^4\,dE}{\sqrt{U-E}}=\frac{-2T_0}{E_0^4}\int_0^U E^4\,d\left(\sqrt{U-E}\right)=\left|\begin{array}{l}\sqrt{U-E}=t\\ U-E=t^2\\ E=U-t^2\end{array}\quad\begin{array}{c|c|c}E&0&U\\\hline t&\sqrt{U}&0\end{array}\right|=$$

$$=-\frac{2T_0}{E_0^4}\int_{\sqrt{U}}^0(U-t^2)^4\,dt=-\frac{2T_0}{E_0^4}\int_{\sqrt{U}}^0\left(U^4-4U^3t^2+6U^2t^4-4Ut^6+t^8\right)dt=$$

$$=\frac{2T_0}{E_0^4}\left(U^4t-4U^3\frac{t^3}{3}+6U^2\frac{t^5}{5}-4U\frac{t^7}{7}+\frac{t^9}{9}\right)\Bigg|_0^{\sqrt{U}}=\frac{2T_0}{E_0^4}\left(U^4\sqrt{U}-4U^3U\frac{\sqrt{U}}{3}+6U^2U^2\frac{\sqrt{U}}{5}-4UU^3\frac{\sqrt{U}}{7}+\right.$$

$$\left.+\frac{U^4\sqrt{U}}{9}\right)=\frac{2T_0}{E_0^4}\left(U^4\sqrt{U}\left[1-\frac{4}{3}+\frac{6}{5}-\frac{4}{7}+\frac{1}{9}\right]\right)=\frac{2T_0}{E_0^4}U^4\sqrt{U}\cdot\frac{128}{315}=\frac{256}{315}T_0\frac{U^4}{E_0^4}\sqrt{U}$$

$$\varphi(U)=\frac{1}{\sqrt{2m}\,\pi}\cdot\frac{256}{315}T_0\frac{U^4}{E_0^4}\sqrt{U}$$

т.к. потенциал симметричный то $\varphi(U)=2|x(U)|$ (т.к. $x_2=-x_1$, $\varphi(U)=2x_2(U)$)

т.о. $2|x(U)|=\dfrac{1}{\sqrt{2m}\,\pi}\cdot\dfrac{256}{315}T_0\dfrac{U^4}{E_0^4}\sqrt{U}$; $\dfrac{1}{\pi\sqrt{2m}}\dfrac{128}{315}T_0\dfrac{U^4}{E_0^4}\sqrt{U}=|x(U)|$

$\dfrac{128}{315}T_0\dfrac{U^4}{E_0^4}\sqrt{U}=\pi\sqrt{2m}|x(U)|$; $T_0\dfrac{U^4}{E_0^4}\sqrt{U}=\dfrac{315}{128}\pi\sqrt{2m}|x(U)|$

$U^{9/2}=\dfrac{315}{128}\pi\sqrt{2m}\dfrac{E_0^4}{T_0}|x(U)|$; $U=\left(\dfrac{315}{128}\pi\sqrt{2m}\dfrac{E_0^4}{T_0}|x|\right)^{\frac{2}{9}}$

5

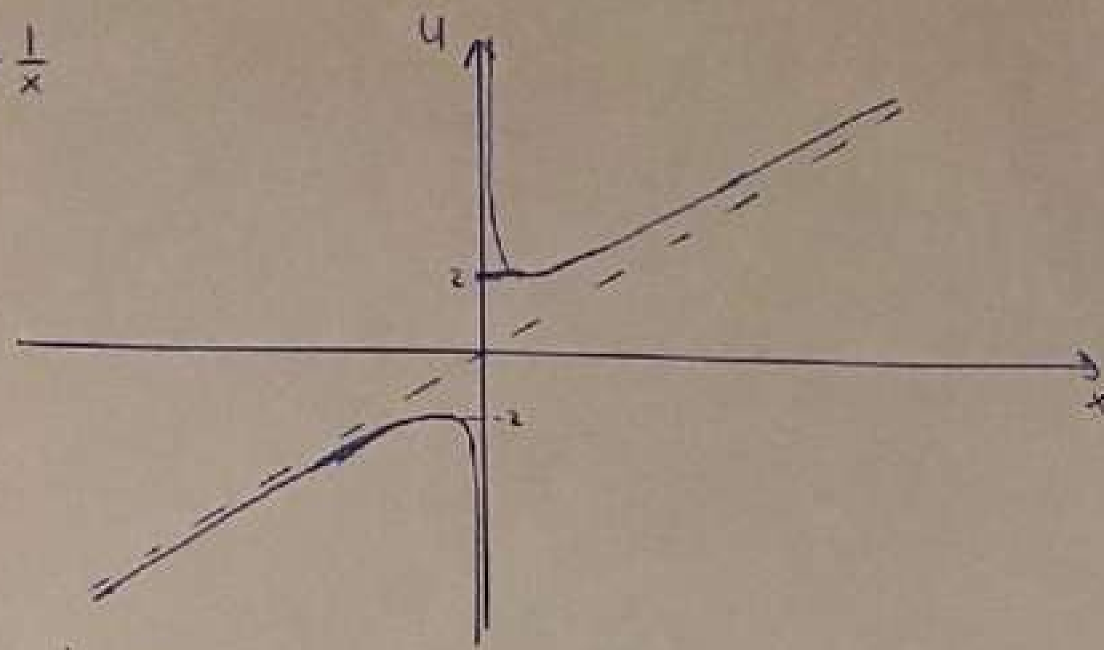
1

№2

Чубаров

$U(x) = x + \frac{1}{x}$

$m = 1$



1) $U_x = 1 - \frac{1}{x^2} = 0$

$\frac{x^2-1}{x^2} = 0 \qquad x^2 = 1$

$x = \pm 1$ - положения равновесия

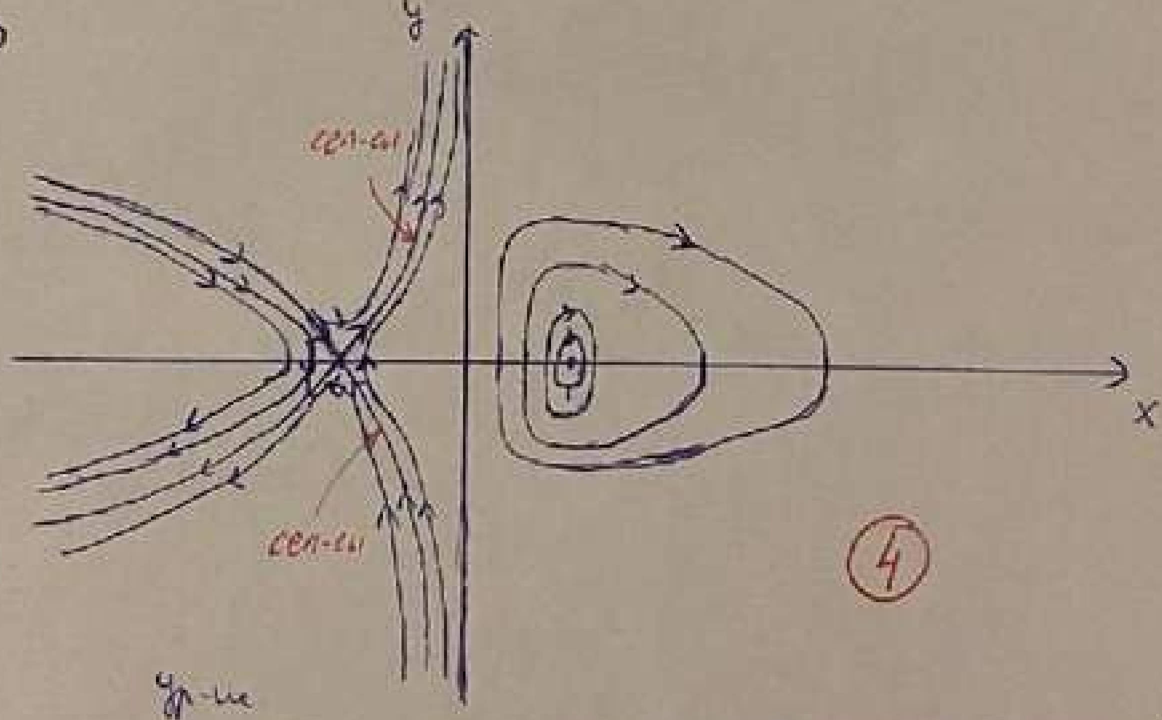
$x = 1$ - с.р. типа центр

$x = -1$ - с.р. типа седло

2) финитное движение возможно если уровень энергии больше $U(1)$, т.е. $E > 2$

3) ДУ: $\ddot{x} + 1 - \frac{1}{x^2} = 0$

$$\begin{cases} \dot{x} = y \\ \dot{y} = \frac{1}{x^2} - 1 \end{cases}$$



4

3.1) рассм $(1, 0)$

$1 + \xi = x$

$\eta = y$

$$\begin{cases} \dot{\xi} = \eta \\ \dot{\eta} = \frac{1}{(1+\xi)^2} - 1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dot{\xi} = \eta \\ \dot{\eta} = -2\xi \end{cases}$$

Ур-ие

Сепаратрисса $x = 0$ - это прямая отделяет финитное движение от инфинитного

3.2) рассм $(-1, 0)$

$-1 + \xi = x$

$\eta = y$

$$\begin{cases} \dot{\xi} = \eta \\ \dot{\eta} = \frac{1}{(1-\xi)^2} - 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dot{\xi} = \eta \\ \dot{\eta} = 2\xi \end{cases} \qquad \begin{pmatrix} \dot{\xi} \\ \dot{\eta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 2 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \xi \\ \eta \end{pmatrix} \qquad \lambda^2 - 2 = 0, \quad \lambda_{1,2} = \pm\sqrt{2}$$

3.1 Найти изменение $\delta T(E)$ периода движения частицы с массой m и энергией E в потенциале

$$U(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } |x| < a \\ \infty & \text{при } |x| \geq a \end{cases}$$ при малом возмущении потенциала $\delta U = \beta x^2$.

3.2 Материальная точка с массой 1 движется без диссипации в потенциале

$U = 3x^4 + 16x^3 + 18x^2 + 5.$

Произведите анализ системы на фазовой плоскости:

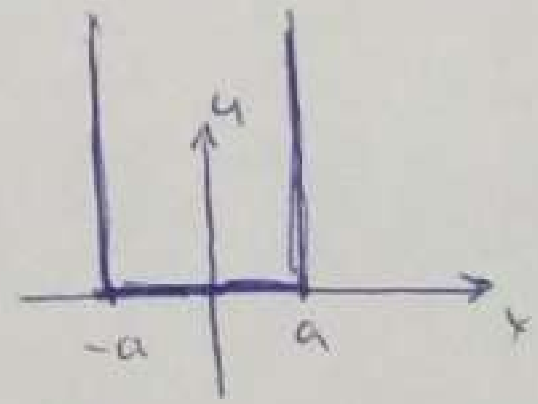
3.2.1 Найдите положения равновесия системы и определите их тип.

3.2.2 Укажите диапазон энергий, в котором возможно финитное движение материальной точки.

3.2.3 Найдите уравнения $f(x, \dot{x}) = 0$ для сепаратрис, т. е. фазовых траекторий, отделяющих друг от друга области фазовой плоскости, соответствующие качественно различным движениям.

3.2.4 Постройте фазовый портрет системы, выделив на нем найденные положения равновесия и сепаратрисы.

3.1



Дано: $m, E, u, \delta u$

$\delta T(E)$?

Решение:

$u(x) = \begin{cases} 0, & |x| < a \\ \infty, & |x| \geq a \end{cases}$, $\delta u = \beta x^2$

$\delta T(E) = \frac{\partial}{\partial E} \int_{x_1}^{x_2} \frac{\delta u \sqrt{2m}\, dx}{\sqrt{E-u}} = \frac{\partial}{\partial E} \int_{-a}^{a} \frac{\beta x^2 \sqrt{2m}\, dx}{\sqrt{E-u}} = \frac{\partial}{\partial E} 2 \cdot \int_0^a \frac{\beta x^2 \sqrt{2m}}{\sqrt{E-u}} dx = \left| \begin{matrix} \text{т.к. } u \text{ в нашем} \\ \text{случае равно } 0 \end{matrix} \right| =$

$= \frac{\partial}{\partial E} 2 \int_0^a \frac{\beta \sqrt{2m}\, x^2\, dx}{\sqrt{E}} = 2\beta\sqrt{2m} \frac{\partial}{\partial E} \frac{x^3}{3\sqrt{E}} \Big|_0^a = -2\beta\sqrt{2m} \frac{a^3}{3} \cdot \frac{\partial}{\partial E} \frac{1}{\sqrt{E}} = -2 \cdot \left(-\frac{1}{2}\right) \beta \sqrt{2m} \frac{a^3}{3} (\ldots$

$= \frac{\beta \sqrt{2m}\, a^3}{3 (E)^{3/2}}$

5

Ответ: $\delta T(E) = \frac{\beta \sqrt{2m}\, a^3}{3 (E)^{3/2}}$

1.1 Найти период $T(E)$ одномерного финитного движения частицы с массой m и энергией E в потенциале $U(x) = -\frac{m\omega^2}{2}\operatorname{ch}^{-2}\alpha x$.

1.2 Материальная точка с массой 1 движется без диссипации в потенциале
$U = -3x^4 - 4x^3 + 12x^2 - 5$.
Произведите анализ системы на фазовой плоскости:

1.2.1 Найдите положения равновесия системы и определите их тип.

1.2.2 Укажите диапазон энергий, в котором возможно финитное движение материальной точки.

1.2.3 Найдите уравнения $f(x, \dot{x}) = 0$ для сепаратрис, т. е. фазовых траекторий, отделяющих друг от друга области фазовой плоскости, соответствующие качественно различным движениям.

1.2.4 Постройте фазовый портрет системы, выделив на нем найденные положения равновесия и сепаратрисы.

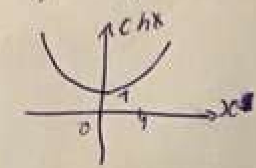
Козлов

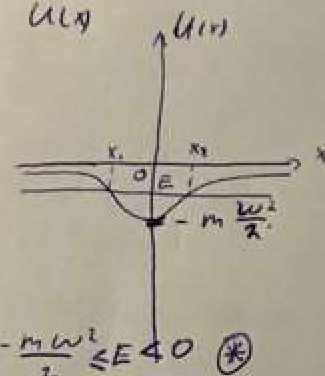
$\boxed{\#1.1.}$ $T(E)-?$

m, E

$U(x) = -\dfrac{m\omega^2}{2ch^2\alpha x}$

1) изобраз-м $U(x)$





Движение финитно при E: $\underline{-\dfrac{m\omega^2}{2} \le E < 0}$ ⊛

2) $T(E) = \sqrt{2m} \displaystyle\int_{x_1}^{x_2} \dfrac{dx}{\sqrt{E-U}}$ ⊜

$U(x) = U(-x) \Rightarrow x_2 = -x_1 = x_0$: $E = -\dfrac{m\omega^2}{2ch^2\alpha x} \Rightarrow$

$x_0 = \dfrac{1}{\alpha} arcch\sqrt{\dfrac{-m\omega^2}{2E}}$

$x_0 = \dfrac{1}{\alpha} arcch\sqrt{\dfrac{m\omega^2}{2|E|}}$ $(E<0)$

т. о. ⊜ $2\sqrt{2m}\displaystyle\int_0^{x_0}\dfrac{dx}{\sqrt{E + \frac{m\omega^2}{2ch^2\alpha x}}} = 2\sqrt{2m}\int_0^{x_0}\dfrac{dx}{\sqrt{\frac{m\omega^2}{2ch^2\alpha x} - |E|}} =$

$= 2\sqrt{\dfrac{2m}{|E|}}\displaystyle\int_0^{x_0}\dfrac{ch\alpha x\, dx}{\sqrt{\frac{m\omega^2}{2|E|} \underbrace{- ch^2\alpha x}_{= -1 - sh^2\alpha x}}} = \dfrac{2}{\alpha}\sqrt{\dfrac{2m}{|E|}}\int_0^{x_0}\dfrac{d(sh\alpha x)}{\sqrt{\underbrace{\frac{m\omega^2}{2|E|} - 1}_{A^2>0 \text{ при выполнении усл ⊛}} - sh^2\alpha x}} =$

$= \dfrac{2}{\alpha}\sqrt{\dfrac{2m}{|E|}}\, arcsin\left(\dfrac{sh\alpha x}{A}\right)\Bigg|_0^{x_0}$ ⊟

заметим

$sh\alpha x_0 = \sqrt{ch^2\alpha x_0 - 1} = \sqrt{\dfrac{m\omega^2}{2|E|} - 1} = A$

⊟ $\dfrac{\cancel{2}}{\alpha}\sqrt{\dfrac{2m}{|E|}}\cdot\dfrac{\pi}{\cancel{2}} = \dfrac{\pi}{\alpha}\sqrt{\dfrac{2m}{|E|}}$

5

$\boxed{1}$

Козлов

$\boxed{\#1.2}$ $U(x) = -3x^4 - 4x^3 + 12x^2 - 5$

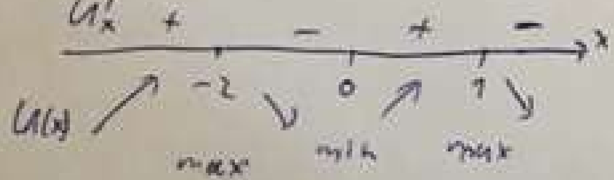
$m = 1, \quad F_д = 0$

$\boxed{\#1.2.2}$ $E - ?\,|\,\exists$ финитное движение.

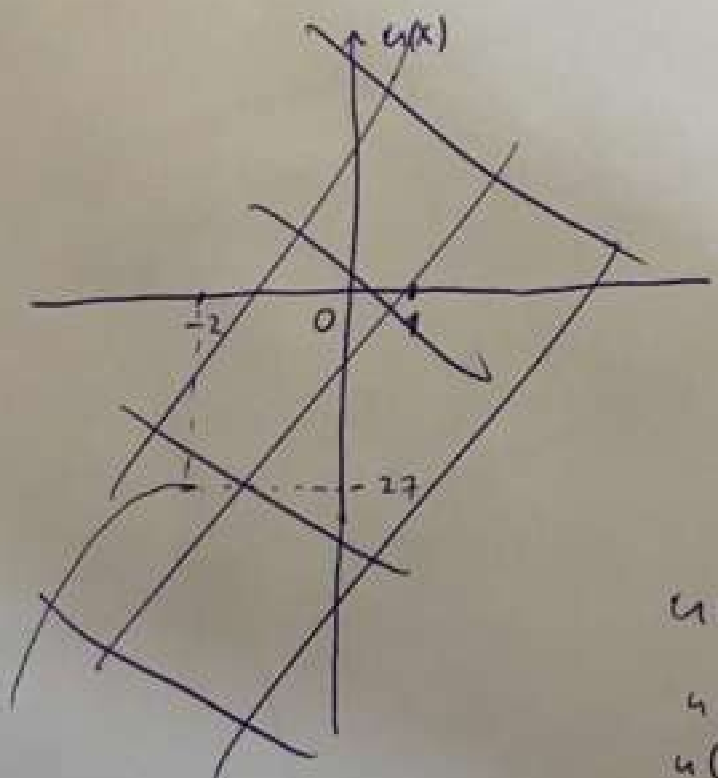
Для ответа на вопрос изобразим график $U(x)$

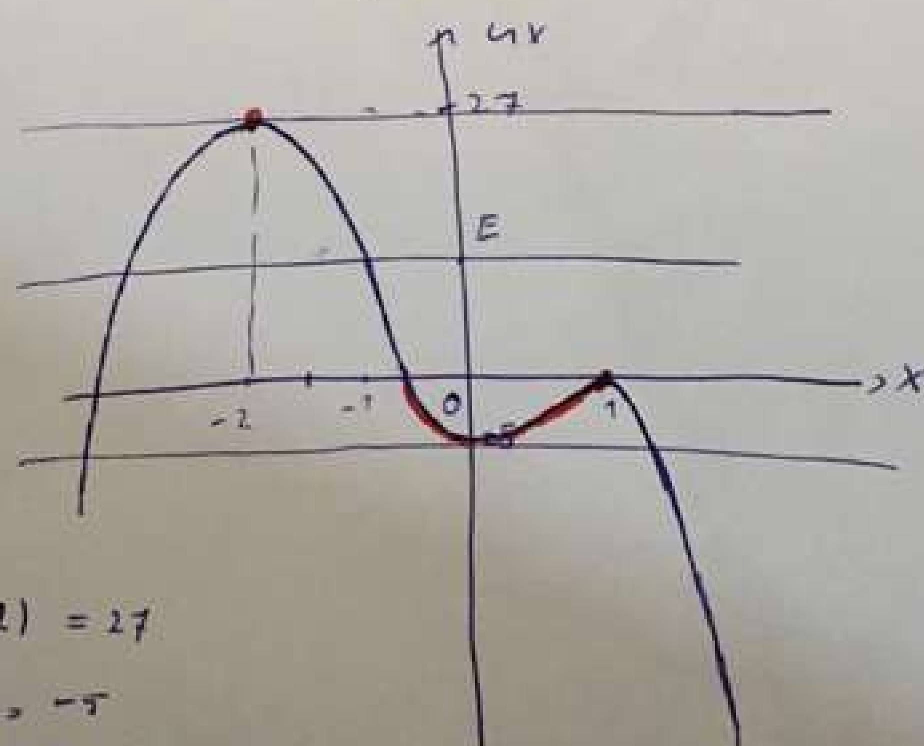
$$\frac{dU}{dx} = -12x\underbrace{(x^2 + x - 2)} = -12x(x-1)(x+2)$$

$$x_{1,2} = \frac{-1 \pm \sqrt{1+8}}{2} = \frac{-1 \pm 3}{2} \Rightarrow x_1 = 1, \; x_2 = -2$$



$\Rightarrow$ качественно зависимость $U(x)$ будет выглядеть так:





$U(-2) = 27$

$U(0) = -5$

$U(1) = 0$

Видно из графического представления, что движение ~~будет~~ может быть финитным

при $E \in [-5, 0] \cup \{27\}$

Козлов

$\boxed{\#1.2.1}$ сос равнов., их тип -?

1) $m\ddot{x} = F_{пот}$ (II зак. Ньютона), $F_{пот} = -\frac{\partial U}{\partial x} = 12x(x-1)(x+2)$

$\Downarrow$

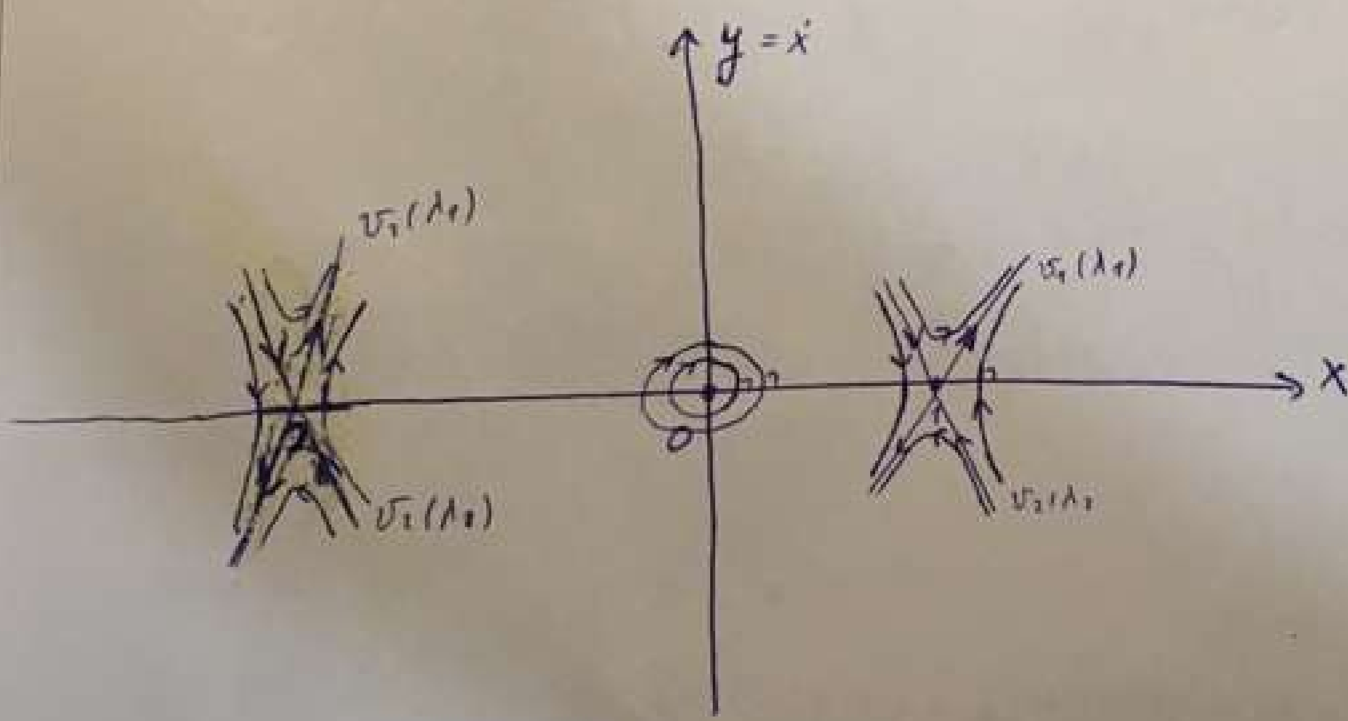
$\ddot{x} = 12x^3+12x^2-24x$, ищем полож. равновесия: $\ddot{x} = \dot{x} = 0$

$$0 = 12x^3+12x^2-24x$$

$$x_1 = 0, x_2 = 1, x_3 = -2$$

Замена: $\begin{cases} \dot{x} = y \\ \dot{y} = 12x^3+12x^2-24x \end{cases}$

$(0,0), (1,0), (-2,0)$ - положения равновесия.



2) в $(0,0)$ $\exists\ \xi, \eta$ - бескон. малые

$$\begin{cases} y = \xi \\ x = \eta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dot{\eta} = \xi \\ \dot{\xi} = \cancel{12\eta^3} + \cancel{12\eta^2} - 24\eta \end{cases}$$

(пренебрегаем всеми порядками выше 1)

линеаризованная система

$$\begin{cases} \dot{\eta} = \xi \\ \dot{\xi} = -24\eta \end{cases} \rightarrow \text{хар уравнение: } \det\begin{pmatrix} -\lambda & 1 \\ -24 & -\lambda \end{pmatrix} = \lambda^2 + 24 = 0$$

$\lambda_{1,2} = \pm i\sqrt{24} = \pm 2i\sqrt{6} \Rightarrow (0,0)$ - сос равнов типа центр

$\boxed{3}$

3) $\sphericalangle(1,0)$ $\exists\ \xi, \eta$ - бескон. малые   котлов

$$\begin{cases} y = \xi \\ x = 1+\eta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dot\eta = \xi \\ \dot\xi = 12(1+\underbrace{3\eta}_{36}+\cancel{3\eta^2}+\cancel{\eta^3}) + 12(1+\underbrace{2\eta}_{24}+\cancel{\eta^2}) - 24\eta - 24 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dot\eta = \xi \\ \dot\xi = 36\eta \end{cases} \qquad \det\begin{pmatrix} -\lambda & 1 \\ 36 & -\lambda \end{pmatrix} = \lambda^2 - 36 = 0$$

$$\lambda_{1,2} = \pm 6$$

$\lambda_1 \cdot \lambda_2 < 0 \Rightarrow$ <u>седло</u>

<u>$\lambda_1 = 6 > 0$</u>

$$\begin{pmatrix} -6 & 1 \\ 36 & -6 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \Rightarrow v_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 6 \end{pmatrix}$$ - напр неуст.

$\lambda_2 = -6 < 0$

$$\begin{pmatrix} 6 & 1 \\ 36 & 6 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \Rightarrow v_2 = \begin{pmatrix} -1 \\ 6 \end{pmatrix}$$ - уст. напр

4) $\sphericalangle(-2,0)$

$$\begin{cases} y = \xi \\ x = -2+\eta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dot\eta = \xi \\ \dot\xi = 12(-8+3\cdot 4\cdot\eta) + 12(\cancel{4}-4\eta) - 24\eta + \cancel{48} \end{cases}$$

$$\dot\eta = \xi$$
$$\dot\xi = 72\eta$$

$$\det\begin{pmatrix} -\lambda & 1 \\ 72 & -\lambda \end{pmatrix} = \lambda^2 - 72 = 0$$

$$\lambda_{1,2} = \pm\sqrt{72} = \pm 6\sqrt{2}$$

$\lambda_1 \cdot \lambda_2 < 0 \Rightarrow$ <u>седло</u>

$\lambda_1 = 6\sqrt{2} > 0$

$$\begin{pmatrix} -6\sqrt{2} & 1 \\ 72 & -6\sqrt{2} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \Rightarrow v_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 6\sqrt{2} \end{pmatrix}$$ - неуст. напр.

$\lambda_2 = -6\sqrt{2} < 0$

$$\begin{pmatrix} 6\sqrt{2} & 1 \\ 72 & 6\sqrt{2} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \Rightarrow v_1 = \begin{pmatrix} -1 \\ 6\sqrt{2} \end{pmatrix}$$ - устой напр

из 3 по 1

$\boxed{\#1.2.3}$ сепаратрисой будет траектория проходящая через $x=1,\ y=0$ и соотв. $H=0 \Rightarrow \ldots$

$$\begin{cases} 0 = -3x^4 - 4x^3 + 12x^2 - 5 \\ \ddot{x} = 12x^3 + 12x^2 - 24x \end{cases}$$

$$\ddot{x} = 3x^4 + 16x^3 - 24x + 5$$

$$\begin{cases} \dot{x} = y \\ \dot{y} = 3x^4 + 16x^3 - 24x + 5 \end{cases}$$

$\Downarrow$

$\ddot{x} = 12x^3 + 12x^2 - 24x$

$\downarrow$

$\dot{x} = 3x^4 + 4x^3 - 12x^2 + const$

$\dot{x}(0) = 0$

$\dot{x} = 3x^4 + 4x^3 - 12x^2$

ур-ие сепаратрисы

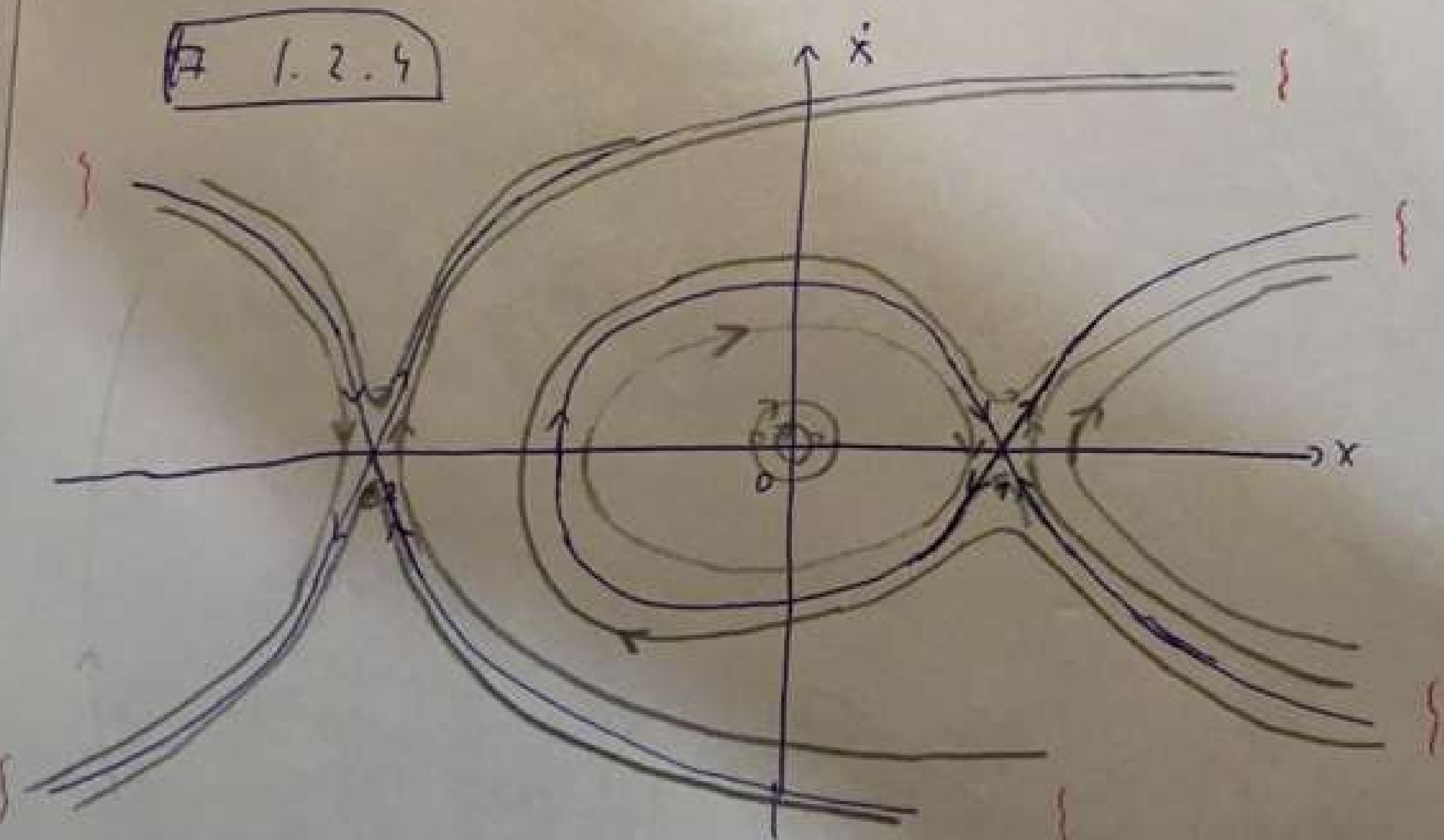
сепаратрисой будет траектория проходящая через $(-2, 0)$ и имеющая ~~...~~

$$\begin{cases} 27 = -3x^4 - 4x^3 + 12x^2 - 5 \Rightarrow \\ \dot{x} \end{cases}$$

$\dot{x}(-2) = 0 \Rightarrow \dot{x} = 3x^4 + 4x^3 - 12x^2 - 32$

ур-ие сепаратрисы

$\boxed{\#1.2.4}$



4

$\ddot{x} - 12x^3 - 12x^2 + 12x = 0$ уравнение для ...

полином степени $n=3 > 1 \Rightarrow$ глобальный фокус

5