

ШИФР

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

Письменная работа

Межрегиональная олимпиада школьников
БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ-БУДУЩЕЕ НАУКИпо физике в 11 классе
(наименование общеобразовательного предмета)Фамилия И.О. участника Колетков Иван Алексеевич

Дата рождения

Школа № 4 район Дивеевский город с. Дивеево
МБОУ "Дивеевская СОШ"**Особые отметки** (Заполняется представителем оргкомитета) о добавлении листов, о смене цвета пасты, о нарушении правил поведения и т.д.+ 2 листа
+ 2 листаДата проведения 03.03.2024**Правила поведения**Участник очного тура олимпиады **обязан:**

- занять место, которое ему указано представителями оргкомитета;
- соблюдать тишину;
- использовать для записей только листы установленного образца;
- работать самостоятельно и не оказывать помощь в выполнении задания другим участникам.

Внимание. Если во время проверки письменных работ, жюри обнаружит идентичный текст (или цитаты с одинаковыми грамматическими, речевыми или смысловыми (фактическими) ошибками) в двух, или более работах, то за эти работы баллы не начисляются.

Участнику олимпиады **запрещается:**

- разговаривать с другими участниками;
- использовать какие-либо справочные материалы (учебные пособия, справочники, словари, записные книжки, в том числе и электронные, и т.д., а также любого вида шпаргалки);
- пользоваться средствами мобильной связи;
- покидать пределы территории, которая установлена организаторами для проведения очного тура олимпиады.

Внимание. За нарушение правил поведения участник удаляется с очного тура олимпиады с выставлением нуля баллов за выполнявшуюся работу независимо от числа правильно выполненных заданий. Все виды шпаргалок изымаются и выдаются по письменному

заявлению после истечения времени, предусмотренного на подачу и рассмотрение апелляций по данному предмету.

Оформление работы

Участник аккуратно заполняет титульный лист папки «Письменная работа», ставит дату и подпись.

На вложенных листах, как для чистовых, так и для черновых записей, можно писать или синей, или фиолетовой, или черной пастой (чернилами), одинаковой во всей работе (при необходимости смены цвета пасты (чернил), следует обратиться за разрешением к представителю оргкомитета олимпиады).

Задания (или часть задания), выполненные на листах, на которых имеются рисунки или записи, не относящиеся к выполняемому заданию, а также записи не на русском языке, и любые другие пометки, которые могут идентифицировать участника, на проверку не поступают и претензии по этим заданиям (задачам) не принимаются. На проверку не поступают также листы, подписанные участником, листы, на которых имеются записи карандашом (кроме рисунков, необходимых для пояснения сути ответа), и рваные (надорванные) листы. Нельзя делать исправления карандашом.

Внимание! Если в работе ошибки исправлены карандашом, то при шифровке работы карандашные исправления будут стерты и на проверку поступит работа без исправлений.

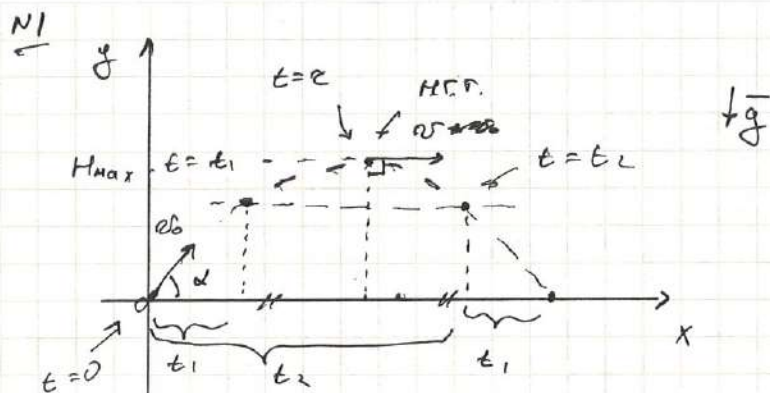
С правилами поведения на олимпиаде и правилами оформления работы ознакомлен

(подпись участника олимпиады)

Задание 1	Задание 2	Задание 3	Задание 4	Сумма баллов
25	15	10	20	70

Заполняется проверяющим!

Фамилию, имя, отчество **не** писать! Лист **не** подписывать! Все листы вложить в папку «Письменная работа»!



1) $H_{\max} \rightarrow v_y = 0 \rightarrow \text{Н.Т.Т.}$

Из-за симметрии Н.Т.Т. находится посередине

$$v_y(z) = 0 = v_0 \sin \alpha - g z \Rightarrow \boxed{v_0 \sin \alpha = g z}$$

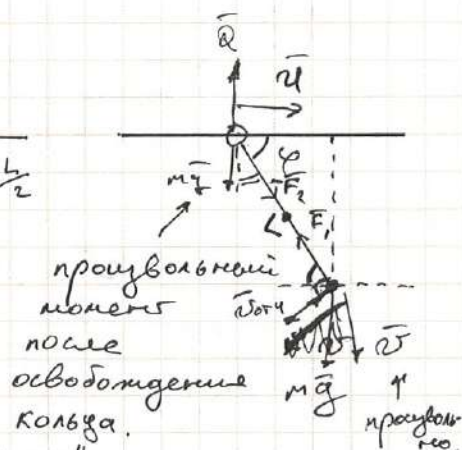
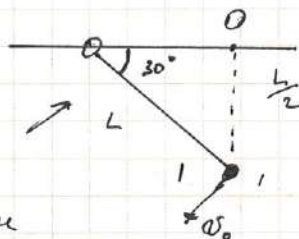
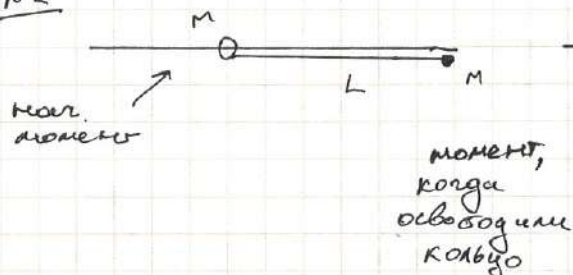
2) $H(z) = v_0 \sin \alpha z - \frac{1}{2} g z^2 = g z^2 - \frac{1}{2} g z^2 = \underline{\underline{\frac{1}{2} g z^2}}$

3) $z = \frac{t_1 + t_2}{2}$

$$\Rightarrow H_{\max} = \frac{1}{2} g \frac{(t_1 + t_2)^2}{4} = \frac{1}{8} g (t_1 + t_2)^2$$

Ответ: $H_{\max} = \frac{1}{8} g (t_1 + t_2)^2$

N2



1) рассмотрим систему "кольцо + шарик".
т.к. стержень невесомый, то силы, действующие на шарик и кольцо $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \Rightarrow F_1 = F_2 \Rightarrow$ в системе компенсируют друг друга.

\vec{u} - скорость кольца $\perp \vec{Q}$ - реакции опоры \Rightarrow верен 3 СЗ. для шв.

ср 1

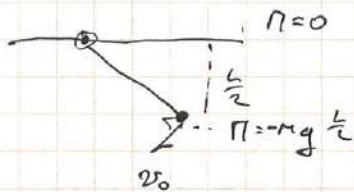
№2 (продолж.).

2) рассмотрим движение шарика до отпущания кольца:

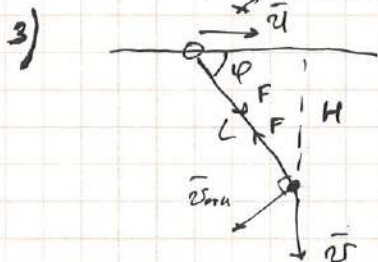


$$\text{ЗСЭ: } 0 = \frac{mv_0^2}{2} - mg \frac{L}{2} \Rightarrow \boxed{v_0^2 = gL}$$

$$\underline{\underline{v_0 = \sqrt{gL}}}$$



после отпущания кольца.

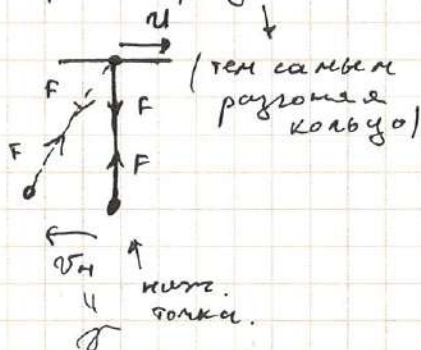


ЗСЭ ш.с.
от $\frac{L}{2}$ до $H = L \sin \varphi$

$$\underbrace{\frac{mv_0^2}{2} - mg \frac{L}{2}}_0 = \frac{mv^2}{2} + \frac{mv^2}{2} - mg L \sin \varphi$$

$$\Rightarrow \boxed{u^2 = 2gL \sin \varphi - v^2}$$

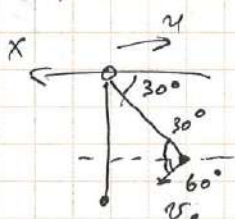
• пока шарик не достиг нижней точки, сила тяжести совершает работу \Rightarrow шарик разгоняется, после её прохождения сила F будет тормозить кольцо



$u_{\max} \rightarrow$ в нижней точке, где располагается шарик.
 $a_x = 0$ для кольца, $\Rightarrow \vec{F}$ - вертикально

$$\Rightarrow \boxed{u_{\max}^2 = 2gL \sin \varphi - v_n^2}$$

ЗСЧ ш.с.



м.м.с. $p_{\text{ш.с.}} = 0$

$$p'_x = p_x$$

$$mv_0 \cos 60^\circ = mv_n - mu$$

$$\boxed{v_n = v_0 \cos 60^\circ + u} = \frac{1}{2} v_0 + u$$

$$u_{\max}^2 = 2gL - \left(\frac{1}{2} v_0 + u \right)^2$$

$$u_{\max}^2 = 2gL - \left(\frac{1}{4} v_0^2 - v_0 u + u^2 \right)$$

$$u^2 = 2v_0^2 - \frac{1}{4}v_0^2 - v_0 u + u^2$$

$$2u^2 + v_0 u - \frac{1}{4}v_0^2 = 0$$

$$x = \frac{u}{v_0}$$

$$2x^2 + x - \frac{1}{4} = 0$$

$$D = 1 + 4 \cdot 2 \cdot \frac{1}{4} = 5$$

$$x_{1,2} = \frac{-1 \pm \sqrt{5}}{4} = -\frac{1}{4} \pm \frac{\sqrt{5}}{4}$$

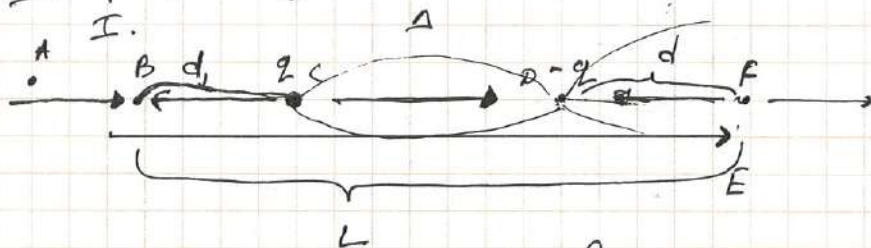
$$u = v_0 \left(-\frac{1}{4} \pm \frac{\sqrt{5}}{4} \right)$$

$$u > 0 \Rightarrow u = v_0 \left(-\frac{1}{4} + \sqrt{\frac{15}{16}} \right)$$

$$\Rightarrow u_{\max} = \sqrt{gL} \left(\frac{\sqrt{15}-1}{4} \right)$$

$$\boxed{\text{Ответ: } u_{\max} = \sqrt{gL} \left(\frac{\sqrt{15}-1}{4} \right)}$$

N.3 рисунок сум. поле.



расстояние между q_1 и q_2

$$\Delta = L - 2d = ?$$

$$E = ?$$

- 1) в A поле ноль зарядов, но сум. поле $\neq E$ аналогично в точке K

\Rightarrow сум. поле от зарядов и вк. поле между

AC и DK; BF = L

нужно B и F точки, где поле ноль сум.

BC = DF = d (из-за симметрии)

$$2) \Delta \varphi = EL$$

$$q_1 = q_2 = q$$

$$\frac{\Delta \varphi}{2} = EL + \left(\left(\frac{kq_c}{d} - \frac{kq_d}{(L-d)} \right) - \left(-\frac{kq_d}{d} + \frac{kq_c}{L-d} \right) \right)$$

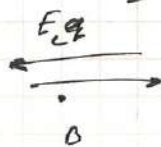
$$\Rightarrow \boxed{\frac{\Delta \varphi}{2} = -4kq \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{L-d} \right)} \quad 11$$

на (прога)

2) заменим сум. поле в точке B. \vec{E}_0

ср 4

$$E - \frac{kq_c}{d^2} + \frac{kq_0}{(L-d)^2} = 0$$



$$E = kq \left(\frac{1}{d^2} - \frac{1}{(L-d)^2} \right) = kq \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{L-d} \right) \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{L-d} \right) \quad (2)$$

(1) и (2)

$$3) kq \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{L-d} \right) \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{L-d} \right) L = 2 kq \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{L-d} \right)$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{L-d} = \frac{2}{L}$$

$$\frac{L-d+d}{d(L-d)} = \frac{2}{L} \Rightarrow \frac{1}{2d(L-d)} = \frac{1}{L^2}$$

$$\Rightarrow L^2 = 2d(L-d)$$

$$L^2 = 2dL - 2d^2 \Rightarrow 2d^2 - 2dL + L^2 = 0$$

$$2\left(\frac{d}{L}\right)^2 - 2\left(\frac{d}{L}\right) + 1 = 0$$

$$2x^2 - 2x + 1 = 0$$

$$D = 4 - 4 \cdot 2 \cdot 1 = -4 \Rightarrow$$

что-то не то!

II. рассмотрим поле от зарядов.

в таком случае,

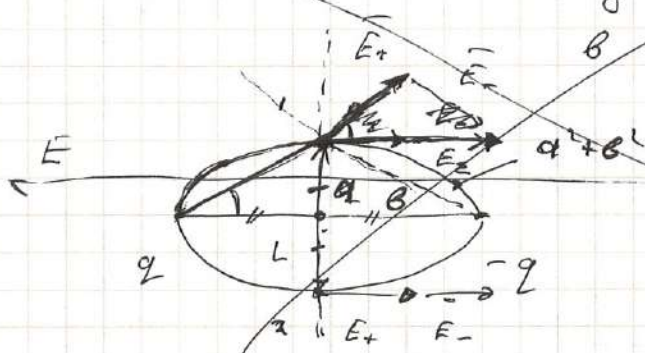
как на рисунке,

тоже помог.

быва

кулевые

сум. поле.



$$a = \frac{L}{2}$$

$$b = \frac{x}{2}$$

$$E_+ + E_- = E$$

$$\frac{kq}{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + \left(\frac{x}{2}\right)^2} + \frac{kq}{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + \left(\frac{x}{2}\right)^2} = E \Rightarrow$$

$$\frac{2kq}{L^2 + x^2} = E$$

Фамилию, имя, отчество **не** писать! Лист **не** подписывать! Все листы вложить в папку «Письменная работа»!

N3

$$(1) EL = \Delta\varphi; (2) \frac{\Delta\varphi}{2} = EL + 2Kq \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{L-d} \right)$$

$$\Rightarrow -\frac{1}{2} EL = 2Kq \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{L-d} \right)$$

$$E = Kq \left(\frac{1}{d^2} - \frac{1}{(L-d)^2} \right)$$

$$-4Kq \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{L-d} \right) = Kq L \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{L-d} \right) \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{L-d} \right)$$

$$-\frac{4}{L} = \frac{1}{d} + \frac{1}{L-d}$$

$$-\frac{4}{L} = \frac{L-d+d}{d(L-d)}$$

$$-\frac{1}{L^2} = \frac{1}{4d(L-d)} \Rightarrow -L^2 = 4d(L-d)$$

$$-L^2 = 4dL - 4d^2$$

$$4d^2 - 4dL - L^2 = 0$$

$$4x^2 - 4x - 1 = 0$$

$$D = 16 + 4 = 20$$

$$x_{1,2} = \frac{4 \pm 2\sqrt{5}}{2 \cdot 4} = \frac{1}{2} \pm \frac{\sqrt{5}}{4}$$

$$x = \frac{d}{L} \Rightarrow d = L \left(\frac{1}{2} \pm \frac{\sqrt{5}}{4} \right) \Rightarrow d = L \left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{5}}{4} \right)$$

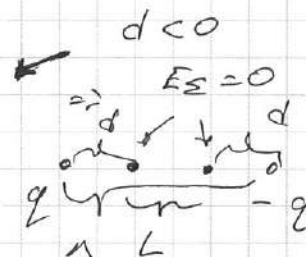
$$d = L \left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{5}}{4} \right)$$

$$\Rightarrow \Delta = L - 2d = L - 2 \left(L \left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{5}}{4} \right) \right) = L \left(1 - 2 \left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{5}}{4} \right) \right) = L \left(1 - 1 - \frac{\sqrt{5}}{2} \right) = -L \frac{\sqrt{5}}{2}$$

$$\Delta = L \left(1 - 2 \left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{5}}{4} \right) \right) = L \frac{\sqrt{5}}{2}$$

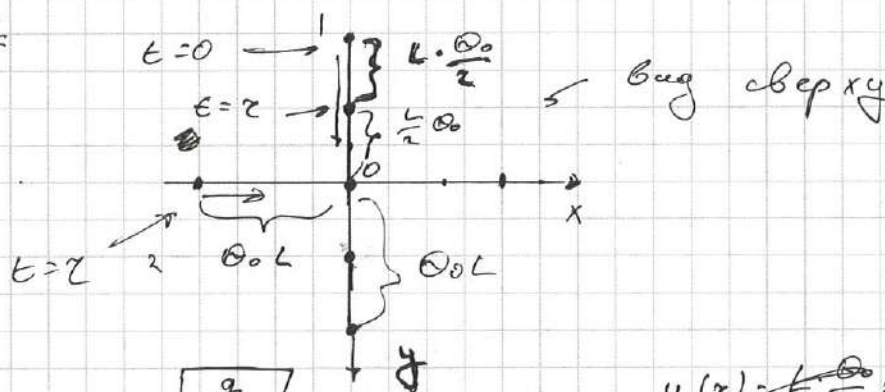
$$E = \frac{Kq}{L^2} \left(\frac{1}{\left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{5}}{4} \right)^2} - \frac{1}{\left(1 - \left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{5}}{4} \right) \right)^2} \right)$$

↑
ответ.



Фамилию, имя, отчество **не** писать! Лист **не** подписывать! Все листы вложить в папку «Письменная работа»!

№4



$$T = 2\pi\sqrt{\frac{g}{L}}$$

$$y = -L\theta_0 \cos(\omega t)$$

$$x = -L\theta_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

$$y(\tau) = -L\frac{\theta_0}{2} = -L\theta_0 \cos(\omega\tau)$$

$$\omega\tau = \frac{\pi}{3}$$

$$\frac{2\pi}{T} \cdot \tau = \frac{\pi}{3}$$

$$x(\tau) = 0 = -L\theta_0 \cos(\omega\tau + \varphi)$$

$$y(\tau) = -\frac{L\theta_0}{2} = -L\theta_0 \cos(\omega\tau)$$

$$\frac{1}{2} = \cos\omega\tau \Rightarrow \omega\tau = \frac{\pi}{3}$$

$$x(\tau) = 0 = -L\theta_0 \cos(\omega\tau + \varphi) \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{3}$$

$$\Rightarrow x = -L\theta_0 \sin$$

$$1 = \cos\left(\frac{\pi}{3} + \varphi\right)$$

$$\frac{\pi}{3} + \varphi = 0 \Rightarrow \boxed{\varphi = -\frac{\pi}{3}}$$

$$x(t) = -L\theta_0 \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right)$$

$$y(t) = -L\theta_0 \cos(\omega t)$$

$$S(t) = x^2 + y^2 = (L\theta_0)^2 \left(\cos^2\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right) + \cos^2(\omega t) \right)$$

$$S(t) = \cos^2\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right) + \cos^2(\omega t) = \frac{\cos\left(2\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right)\right) + 1}{2} + \frac{\cos(2\omega t) + 1}{2}$$

$$= \frac{\cos\left(2\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) + \cos(2\omega t) + 2}{2} = \frac{\cos(2\omega t)\cos\frac{2\pi}{3} + \sin(2\omega t)\sin\frac{2\pi}{3} + \cos(2\omega t) + 2}{2}$$

$$= \frac{\cos(2\omega t) + \sqrt{3}\sin(2\omega t) + 2}{2} = \frac{1}{2} \left(\cos\frac{\pi}{3} \cos 2\omega t + \sqrt{3} \sin\frac{\pi}{3} \sin 2\omega t + 2 \right)$$

$$= \frac{1}{2} \left(\cos\left(2\omega t - \frac{\pi}{3}\right) + 2 \right)$$

$S(t)$
longer max $\rightarrow S_{\max}$

NY (npoga.)

$$\Rightarrow S^2 = \frac{1}{2} (L\omega_0)^2 \cdot \cos(2\omega t - \frac{\pi}{3})$$

$$\Rightarrow S = \frac{L\omega_0}{\sqrt{2}} \sqrt{\cos(2\omega t - \frac{\pi}{3})}$$

$$\Rightarrow S_{\max} = \frac{L\omega_0}{\sqrt{2}}$$

$$\bullet 2\omega t^* - \frac{\pi}{3} = 0$$

$$\omega t^* = \frac{\pi}{6}$$

$$\frac{2\pi}{T} t^* = \frac{\pi}{6}$$

$$t^* = \frac{1}{12} \cdot \frac{2\pi}{\omega} \sqrt{\frac{g}{L}}$$

Orber: $S_{\max} = \frac{L\omega_0}{\sqrt{2}}$
 $t^* = \frac{\pi}{6} \sqrt{\frac{g}{L}}$
 nepbavi poz

NY (npoga.)

$$= \frac{\cos(2\omega t - \frac{2}{3}\pi) + \cos(2\omega t) + 2}{2} = \frac{\cos 2\omega t \cdot \cos \frac{2}{3}\pi + \sin 2\omega t \sin \frac{2}{3}\pi + 2}{2}$$

$$= \frac{-\frac{1}{2} \cos 2\omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin 2\omega t + 2}{2} = \frac{\frac{1}{2} \cos 2\omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin 2\omega t + 2}{2}$$

$$= \frac{\cos(\frac{1}{3}\pi) \cos(2\omega t) + \cos \frac{\pi}{3} \sin 2\omega t + 2}{2} =$$

$$= \frac{\cos(2\omega t - \frac{1}{3}\pi) + 2}{2}$$

$$\Rightarrow S^2 = (L\omega_0)^2 \cdot \frac{\cos(2\omega t - \frac{1}{3}\pi) + 2}{2}$$

$$S_{\max} = L\omega_0 \cdot \sqrt{\frac{1+2}{2}} = \sqrt{\frac{3}{2}} L\omega_0$$

$$2\omega t^* - \frac{1}{3}\pi = 0 \Rightarrow 2\omega t^* = \frac{1}{3}\pi$$

$$\frac{2\pi}{T} t^* = \frac{1}{6}\pi$$

$$t^* = \frac{1}{12} T = \frac{\pi}{12\omega} \sqrt{\frac{g}{L}}$$

Orber: $S_{\max} = \sqrt{\frac{3}{2}} L\omega_0$
 $t^* = \frac{\pi}{12} \sqrt{\frac{g}{L}}$

CP 7
 OP 8.