

א. נתון: $\mu_k = 0.1$; $m_{most} = 0.01 [kg]$. לכל אורך השאלה, במקרה של כוח חיכוך:

$$f_k = -\mu_k \cdot N = -\mu_k mg \Rightarrow a = -\mu_k g$$

תור ראשון:

לאחר שג'וני גלגל את הגולה הראשונה שלו ל (2, 3), צ'אק מכוון לעברה ופוגע. חישוב המרחק ההתחלתי בין הגולות:

	וקטור המרחק בין הגולות כשצ'אק מגלגל את שלו	גודל המרחק הזה [ס"מ]
תור ראשון	(2+50, 3)=(52, 3)	52.08646657
		sqrt(52^2+3^2)

חישוב הזמן עד ההתנגשות (נלקחה רק התשובה הפיזיקלית):

חישוב הזמן עד המפגש בין הגולות	זמן המפגש [s]
(r-r0)=v0t-0.1g*0.5*t^2-----> 0.4905t^2-1.5t+0.5209=0	0.399408

ההתנגשות, לכן נשמרים התנע והאנרגיה. חישוב המהירות שבה פגעה הגולה של צ'אק בזו של ג'וני (שנמצאת המנוחה לפני ההתנגשות), ושימוש בשימור תנע ואנרגיה לחישוב המהירויות של הגולות לאחר ההתנגשות (v_1, u_1 מתייחסות לגולה של צ'אק ו u_2 לזו של ג'וני):

המהירות בה פגעה הגולה [m/s]	שימור תנע
$v1=v0-at=1.5-0.981*0.399408=1.108180752$	$mv1=mu1+mu2 \rightarrow v1=u1+u2$
	$u2=1.11-u1$

בנוסף, זמן עצירה של הגולה של ג'וני:

זמן עצירה של הגולה של ג'וני	שימור אנרגיה
$0=1.108180752-0.981*t \rightarrow t=1.129643988 [s]$	$0.5mv1^2=0.5m(u1^2+u2^2) \rightarrow v1^2=u1^2+u2^2$
	$1.23=u1^2+(1.11-u1)^2 \rightarrow u1=0 \text{ or } 1.108180752$
המרחק יהיה עד עצירה כמובן	כאשר התשובה ראשונה היא הגיונית פיזיקלית אחרת הן יתגשו שוב ושוב

המרחק שעברה הגולה במטרים, ובעזרת הזווית (החישוב הוא מהשיפוע של הוקטור (52, 3)), הגעה למסקנה שהגולה מחוץ לתחום המשחק.

מרחק נוסף שעברה הגולה [m]
$(r-r1)=v0t-0.5at^2=1.108180752*1.129643988-0.4905*1.129643988^2$
0.6259248619

מיקום סופי של הגולה של ג'וני [cm]	מרחק נוסף שעבר
$(2+63*\cos0.058, \text{something})=(64.48857901, \text{something})$	
אין צורך לחשב מכיוון שקל לראות שזה מחוץ למעגלים שכן זה עבר מעל 62 ס"מ	0.6259248619
אבל נחשב ליתר ביטחון. הזווית $\theta = \tan^{-1}(3/52)$ זה $0.057628427 [rad]$	

תור שני:

ג, וני מגלגל בזווית לא נכונה ויפספס. זמן עצירה

$$0=1.3-0.981*t \rightarrow t=1.325178389 \text{ [s]}$$

נחשב את המרחק שעבר וכמובן זה על אותו ציר אז נפענח מה הכיוון ונבין מיקום סופי

המרחק יהיה עד עצירה כמובן

ומרחק במטרים של גולה 2 שלו: 0.8613659531

קל לראות כי ג'וני הוציא את הגולה מחוץ למעגלים.

זמן עצירה לצ'אק:

$$0=0.7-0.981*t \rightarrow t=0.7135575943 \text{ [s]}$$

0.7135575943

מרחק עצירה במטרים:

0.249745158

בס"מ:

24.9745158

מיקום סופי בסנטימטרים:

$$(48+24.9745158*\cos(1.15\pi), 14+24.9745158\sin(1.15\pi))=(25.74754348, 2.661807091)$$

זה נמצא ברדיוס של

25.88476796

תור שלישי:

בהתנגשות הראשונה, שימור התנע:

$$mv_1=mu_1+mu_2 \rightarrow v_1=u_1+u_2$$

$$\text{ציר } x \quad 1.5=u_1x+u_2x=u_1\cos(\theta)+u_2\cos(\tan^{-1}(-0.0142412))$$

$$\text{ציר } y \quad 0=u_1y+u_2y=u_1\sin(\theta)+u_2\sin(\tan^{-1}(-0.0142412))$$

והאנרגיה:

$$0.5mv_1^2 = 0.5m(u_1^2 + u_2^2) \rightarrow v_1^2 = u_1^2 + u_2^2$$

$$1.5^2 = u_1^2 + u_2^2$$

מוולפראם אלפא:

$$u_1 = 0.0213596 \text{ [m/s]}, \quad u_2 = 1.49985 \text{ [m/s]}$$

$$\theta = 2 * (\pi * n + 0.778278) \rightarrow n = 1 \rightarrow = 7.83974 = 2.495467162\pi \text{ equivalent to } 0.495467163\pi$$

(כאשר הפעם v_1, u_1 מתייחסות לגולה השלישית של ג'וני ואילו u_2 לגולה הראשונה של צ'אק).
החישוב למיקום של הגולה של ג'וני לאחר התנגשות זו:

במהירות שגודלה	נחזור לגולה של ג'וני. היא עכשיו יוצאת מ
0.0213596 [m/s]	(2,3)

בכיוון ברדיאנים
0.495467163 * pi [rad]
1.556555999
זמן עצירה של הגולה של ג'וני
0 = 0.0213596 - 0.981 * t → t = 0.02177329256 [s]
0.02177329256

$$\Delta x = v_0 t + 0.5 a t^2 \rightarrow$$

מרחק נוסף שעברה הגולה [m]
0.0002325344099
ובס"מ
0.02325344099

מיקום סופי של הגולה של ג'וני [cm]
(2 + 0.02325344099 * cos(1.556555999), 3 + 0.02325344099 * sin(1.556555999)) = (2.000331125, 3.023251083)
2.000331125
3.023251083

רדיוס של המיקום הזה

$$3.625102995$$

ועכשיו לגולות של צ'אק שעומדות להתנגש. גודל המרחק בין גולה 1 ו 2 של צ'אק:

$$\sqrt{(25.75 - 2)^2 + (2.66 - 3)^2}$$

גודל המרחק הזה [ס"מ]

23.74995149

והזמן עד ההתנגשות ביניהן:

חישוב הזמן עד המפגש בין הגולות

$$0.4905t^2 - 1.49985t + 0.2374995149 = 0$$

זמן המפגש	n
0.167527 [s]	

המהירות שבה התנגשה גולה 1 בגולה 2:

המהירות בה פגעה הגולה [m/s]

$$v_1 = v_0 - at = 1.49985 - 0.981 \cdot 0.167527 = 1.335506013$$

1.335506013

שימור תנע ואנרגיה:

שימור אנרגיה	שימור תנע
$v_1^2 = u_1^2 + u_2^2$	$v_1 = u_1 + u_2$

כל המהירות עברה לגולה השנייה

(כאשר הפעם v_1, u_1 מתייחסות לגולה הראשונה של צ'אק ואילו u_2 לגולה השנייה של צ'אק).

זמן העצירה של הגולה השנייה של צ'אק מרחק נוסף ומיקום (אין צורך לדבר על הגולה הראשונה, היא במיקום ההתנגשות):

זמן עצירה של הגולה השנייה של צ'אק
$0 = 1.335506013 - 0.981t \rightarrow t = 1.361372083$ [s]
1.361372083

מרחק נוסף שעברה הגולה [m]

0.9090603011

מיקום סופי של הגולה של ג'וני [cm]

אין בכלל צורך לחשב מכיוון שקל לראות שזה מחוץ למעגלים שכן זה עבר מעל 90 ס"מ וממילא היה במעגל החיצוני

ואחרון חביב, הגולה האחרונה של צ'אק. הכיוון נתון מראש, גם מהירות התנועה. בנוסף הגולה של צ'אק כבדה פי 3 מהגולות הרגילות. (כאן v_1, u_1 מתייחסות לגולה השלישית של צ'אק, u_2 לגולה השלישית של ג'וני).

$$v_{heavy, before\ collision} = 0.4 \left[\frac{m}{s} \right]; \quad m_{heavy} = 30 [gr]$$

שימור אנרגיה	שימור תנע
$0.5 \cdot 3m \cdot (v_1^2) = 0.5 \cdot m \cdot (3 \cdot u_1^2 + u_2^2) \rightarrow 3 \cdot (v_1^2) = 3 \cdot (u_1^2) + u_2^2$	$3mv_1 = 3mu_1 + mu_2 \rightarrow 3v_1 = 3u_1 + u_2$
מוולפראם אלפא מקבלים (התשובה הפיזיקלית היא זו שנלקחה)	
$u_1 = 0.2 [m/s]; \quad u_2 = 0.6 [m/s]$	
שניהם לכיוון 1.25 פאי רדיאנים	

מרחק נוסף שעברה הגולה [m]	זמן עצירה של הגולה של ג'וני
0.1834862385	$0 = 0.6 - 0.981 \cdot t \rightarrow t = 0.6116207951 [s]$
18.34862385	0.6116207951 in [cm]

מיקום סופי של הגולה של ג'וני [cm]	רדיוס של המיקום הזה
$(2.000331125 + 18.35 \cdot \cos 1.25\pi, 3.023251083 + 18.35 \cdot \sin 1.25\pi) = (-10.97507831, -9.952158352)$	
-10.97507831	
-9.952158352	
14.81545814	

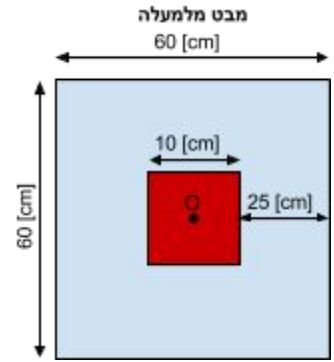
מרחק נוסף שעברה הגולה [m]	זמן עצירה של הגולה של צ'אק
0.02038735984	$0 = 0.2 - 0.981 \cdot t \rightarrow t = 1.129643988 [s]$
2.038735984	0.2038735984 in [cm]

מיקום סופי של הגולה של צ'אק [cm]	רדיוס של המיקום הזה
$(2.000331125 + 2.038735984 \cdot \cos 1.25\pi, 3.023251083 + 2.038735984 \cdot \sin 1.25\pi) = (0.5587270857, 1.581647044)$	
0.5587270857	
1.581647044	
1.677433554	

לצ'אק גולה אחת המעגל הפנימי ואחת בחיצוני, ואילו לג'וני גולה אחת במעגל האמצעי.

צ'אק מנצח את המשחק 4 : 2.

ב. נשרטט את הקוביה עם סימון לראשית הצירים



נקודה O שבתרשים הימני היא ראשית הצירים. הכיוונים החיוביים מוגדרים להיות ימינה ולמעלה. מקדם החיכוך של הרצפה עדיין $\mu_k = 0.1$, ועל הקוביה עצמה $\mu_k = 0.6$. על המישורים המשופעים אין חיכוך. בנוסף, בכל עלייה על מישור משופע פועלים על הגולה כוחות משמרים ולכן יהיה שימור של האנרגיה המכנית שלה (על גבי המישורים המשופעים בלבד).

תור ראשון:

צ'אק מגלגל לכיוון מרכז הריבוע מצד שמאל, כלומר על גבי $y = 0$. נחשב את המהירות אליה מגיעה הגולה בתחתית המישור המשופע בעזרת הנוסחה $v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$ (נחשב ביחידות מרחק של מטר):

$$v^2 = 3^2 - 2 \cdot 0.1 \cdot g \cdot 0.2 \Rightarrow v = 2.933871163 \left[\frac{m}{s} \right]$$

המהירות בראש המישור המשופע (משימור אנרגיה):

$$0.5 \cdot m \cdot v_1^2 = mgh + 0.5 \cdot m \cdot v_2^2 \Rightarrow v_2 = \sqrt{v_1^2 - 2gh} = \sqrt{8.6076 - 2 \cdot 9.81 \cdot 0.3} = 1.64972725 \left[\frac{m}{s} \right]$$

זמן העצירה של הגולה שלו:

$$0 = 1.64972725 - 0.6 \cdot 9.81 \cdot t \Rightarrow t_{stop} = 0.280279859 \text{ [s]}$$

מרחק נוסף שעברה הגולה:

$$\Delta r = v_2 t + 0.5 a t^2 = 1.65 \cdot 0.28 - 0.5 \cdot 0.6 \cdot g \cdot 0.28^2 = 0.231192661 \text{ [m]} = 23.1192661 \text{ [cm]}$$

הגולה מתחילה את מסעה על הקוביה ב $(-30, 0)$ ומתקדמת ימינה, לכן הגולה הראשונה של צ'אק תגיע ל $x = -30 + 23.1192661 = -6.8807339 \text{ [cm]} \approx -6.88 \text{ [cm]}$ בתוך הריבוע הפנימי.

ג'וני מגלגל לכיוון מרכז הריבוע מצד ימין, כלומר על גבי $y = 0$. נחשב את המהירות אליה מגיעה הגולה

בתחתית המישור המשופע בעזרת הנוסחה $v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$ (נחשב ביחידות מרחק של מטר):

$$v^2 = 4^2 + 2 \cdot 0.1 \cdot g \cdot (-0.2) \Rightarrow v = -3.950645517 \left[\frac{m}{s} \right]$$

המהירות בראש המישור המשופע (משימור אנרגיה):

$$0.5 \cdot 0.5m \cdot v_1^2 = 0.5mgh + 0.5 \cdot 0.5m \cdot v_2^2 \Rightarrow v_2 = \sqrt{v_1^2 - 2gh} = -3.117948043 \left[\frac{m}{s} \right]$$

הגולה מתחילה את מסעה על הקוביה ב $(30, 0)$ ומתקדמת שמאלה. לחישוב המהירות שבה תפגע

הגולה הקלה של ג'וני בזאת של צ'אק:

$$v^2 = 3.117948043^2 - 2 \cdot 0.6 \cdot g \cdot (0.3 + 0.068807339) \Rightarrow v_3 = -2.319482702 \left[\frac{m}{s} \right]$$

ההתנגשות אלסטית, כלומר נשמר התנע ונשמרת האנרגיה (נזכור שהגולות של ג'וני קלות יותר הפעם):

$$0.5 \cdot m \cdot v_3 = 0.5 \cdot m \cdot u_1 + m \cdot u_2 \Rightarrow v_3 = u_1 + 2 \cdot u_2 \Rightarrow u_1 = -2.319482702 - 2u_2$$

$$0.5 \cdot 0.5 \cdot m \cdot v_3^2 = 0.5m(0.5 \cdot u_1^2 + u_2^2) \Rightarrow v_3^2 = u_1^2 + 2 \cdot u_2^2 \Rightarrow 5.380000005 = (2.319482702 + 2u_2)^2 + 2 \cdot u_2^2$$

נקבל שני פתרונות כשאחד מהם לא פיזיקלי. הפתרון שכן:

$$u_{john} = 0.773161 \left[\frac{m}{s} \right]; u_{chuck} = -1.54632 \left[\frac{m}{s} \right]$$

נמצא את המיקום הסופי של הגולה של צ'אק:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x \Rightarrow 0 = (-1.54632)^2 + 2 \cdot 0.6g \cdot (x_{chuck1} + 0.068807339) \Rightarrow x_{chuck1} = -0.2719253769 [m]$$

ואז הגולה של צ'אק תסיים את התור הראשון ב $(-27.19, 0)$ (בס"מ).

נמצא את המיקום הסופי של הגולה של ג'וני:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x \Rightarrow 0 = 0.773161^2 - 2 \cdot 0.6g \cdot (x_{john1} + 0.068807339) \Rightarrow x_{john1} = -0.01802769816 [m]$$

ואז הגולה של ג'וני תסיים את התור הראשון ב $(-1.80, 0)$ (בס"מ).

תור שני:

נכנה את המסה של גולה רגילה כח בסעיף זה.

צ'אק משגר את הגולה שלו מלמטה על הקו $x = -0.01802769816 [m]$. מכיוון שאין תלות במסה של

הגולה בחישובים שעד ההתנגשות (ואחריה), הגולה תגיע לראש המישור המשופע באותה מהירות כמו

הגולה הקלה של ג'וני מהסעיף הקודם אך בכיוון \hat{y} , כלומר: $v_{2, chuck2} = 3.117948043 \left[\frac{m}{s} \right]$. המרחק

שעליה לעבור עד ההתנגשות הוא $30 [cm]$, המהירות שבה היא תתנגש בגולה של ג'וני:

$$v_{chuck, imp}^2 = v_{2, chuck2}^2 + 2a\Delta x = 3.117948043^2 - 2 \cdot 0.6g \cdot 0.3 = 6.189999999 \left[\frac{m^2}{s^2} \right]$$

$$v_{chuck, imp} = 2.487971061 \left[\frac{m}{s} \right]$$

הפעם, ההתנגשות היא התנגות פלסטית! הגולות מתנגשות ונצמדות. משימור תנע:

$$m \cdot v_{chuck, imp} + 0 = (m + 0.5m)u \Rightarrow u = \frac{2.487971061}{1.5} = 1.658647374 \left[\frac{m}{s} \right] \approx 1.66 \left[\frac{m}{s} \right]$$

נחשב את מרחק הבלימה (התאוצה עדיין אותו דבר כי המסה נופלת בחישובי הכוחות):

$$0^2 = 1.658647374^2 - 2 \cdot 0.6g \cdot (y_{comb} - 0) \Rightarrow y_{combined\ marble} = 0.23369955 [m] \approx 23.37 [cm]$$

כלומר, הגולה המשולבת נמצאת ב $(-1.80, 23.37)$ (בס"מ).

הגענו למצב שבו לצ'אק יש שתי נקודות ולג'וני נקודה אחת. כדי שג'וני ינצח בהפרש של 3 נקודות, הוא

צריך שהגולה שלו תפיל את הגולה של צ'אק מהתיבה ותחזור אחורה לתוך הריבוע האדום. נבדוק מה

המהירות המינימלית לאחר ההתנגשות שבה הגולה של צ'אק תגיע לקצה (כלומר תהיה לקצה במהירות

0 ואז תיפול במישור המשופע):

$$0^2 = v_{chuck1min}^2 + 2 \cdot 0.6g \cdot (-0.3 + 0.2719253769) \Rightarrow v_{chuck1min}^2 = 0.330494463 \left[\frac{m^2}{s^2} \right]$$

$$\Rightarrow v_{chuck1min} = -0.574886478 \left[\frac{m}{s} \right]$$

נבדוק איזו מהירות התנגשות של הגולה של ג'וני מתאימה ואיזו מהירות לאחר ההתנגשות משיקולי

שימור תנע ואנרגיה:

$$0.5m \cdot v_{john2, minimp} = m \cdot (-0.574886478) + 0.5m \cdot u_{john2} \Rightarrow v_{john2, minimp} = u_{john2} - 1.149772957$$

$$0.5 \cdot 0.5m \cdot v_{john2, minimp}^2 = 0.5 \cdot m \cdot (-0.574886478)^2 + 0.5 \cdot 0.5m \cdot u_{john2}^2$$

$$(u_{john2} - 1.149772957)^2 = 0.660988926 + u_{john2}^2 \Rightarrow u_{john2} = 0.287443239 \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$\Rightarrow v_{john2,minimp} = u_{john2} - 1.149772957 = -0.862329718 \left[\frac{m}{s} \right]$$

נבדוק אם לאחר התנגשות כזאת הוא מצליח להגיע לריבוע האדום. נמצא את מיקום הגולה של ג'וני לאחר התנגשות שכזאת:

$$0^2 = 0.287443239^2 - 2 \cdot 0.6g \cdot (x_{minimp} + 0.2719253769) \Rightarrow x_{minimp} = -0.26490672 [m] \approx -26.49 [cm]$$

כלומר, מהירות זו לא מספיקה. נחפש מהירויות יותר גבוהות מכאן, כך שבטוח הגולה של צ'אק נופלת. נבדוק כעת מה המהירות המינימלית לאחר התנגשות כדי להגיע לגבול השמאלי של הריבוע האדום (כלומר ל $(-5, 0)$):

$$0^2 = v_{postimp,min}^2 - 2 \cdot 0.6g \cdot (-0.05 + 0.2719253769) \Rightarrow v_{postimp,min} = 1.6163247 \left[\frac{m}{s} \right] \approx 1.62 \left[\frac{m}{s} \right]$$

כעת ניעזר בכך כדי למצוא את המהירות בעת ההתנגשות משיקולי שימור תנע ואנרגיה:

$$0.5m \cdot v_{john2,preimp-min} = m \cdot u_{chuck} + 0.5m \cdot 1.6163247 \Rightarrow u_{chuck} = 0.5 \cdot (v_{john2,preimp-min} - 1.6163247)$$

$$0.5 \cdot 0.5m \cdot v_{john2,preimp-min}^2 = 0.5 \cdot m \cdot u_{chuck}^2 + 0.5 \cdot 0.5m \cdot 1.6163247^2$$

$$\Rightarrow v_{john2,preimp-min}^2 = 2 \cdot 0.25 \cdot (v_{john2,preimp-min} - 1.6163247)^2 + 1.6163247^2$$

$$\Rightarrow 0.5 \cdot v_{john2,preimp-min}^2 + 1.6163247 v_{john2,preimp-min} - 3.918758305 = 0$$

$$\Rightarrow v_{john2,preimp-min} = 1.6163247 \text{ or } -4.848974102 \left[\frac{m}{s} \right] \Rightarrow v_{john2,preimp-min} = -4.848974102 \left[\frac{m}{s} \right]$$

(לקחנו את התשובה השלילית כי הגולה של ג'וני מתגלגלת שמאלה לפני ההתנגשות). כעת נחשב את המהירות שבה הייתה הגולה כשעלתה על התיבה ואז אתה המהירות למרגלות המישור ואז את המהירות שבה גלגל ג'וני את הגולה:

$$(-4.848974102)^2 = v_{john2min,upramp}^2 + 2 \cdot 0.6g \cdot (-0.2719253769 - 0.3)$$

$$\Rightarrow v_{john2min,upramp} = -5.499568654 \left[\frac{m}{s} \right] \approx -5.50 \left[\frac{m}{s} \right]$$

ולמרגלות המישור:

$$0.5 \cdot 0.5m \cdot v_{john2min,downramp}^2 = 0.5mgh + 0.5 \cdot 0.5m \cdot (-5.499568654)^2$$

$$\Rightarrow v_{john2min,downramp} = \sqrt{30.24525538 + 2 \cdot 9.81 \cdot 0.3} = -6.010927996 \left[\frac{m}{s} \right] \approx -6.01 \left[\frac{m}{s} \right]$$

וכעת, המהירות המינימלית שבה ג'וני צריך לגלגל את הגולה שלו על מנת לנצח בהפרש של שלוש נקודות:

$$(-6.010927996)^2 = v_{john2min}^2 + 2 \cdot 0.1 \cdot g \cdot (-0.2) \Rightarrow |v_{min}| = 6.043480403 \left[\frac{m}{s} \right] \approx 6.04 \left[\frac{m}{s} \right]$$

(לכיוון שמאל כמובן).

נבדוק כעת מה המהירות המקסימלית לאחר התנגשות כדי להגיע לגבול הימני של הריבוע האדום (כלומר ל $(5, 0)$):

$$0^2 = v_{postimp,max}^2 - 2 \cdot 0.6g \cdot (0.05 + 0.2719253769) \Rightarrow v_{postimp,max} = 1.946716604 \left[\frac{m}{s} \right] \approx 1.95 \left[\frac{m}{s} \right]$$

כעת ניעזר בכך כדי למצוא את המהירות בעת ההתנגשות משיקולי שימור תנע ואנרגיה:

$$0.5m \cdot v_{john2,preimp-max} = m \cdot u_{chuck} + 0.5m \cdot 1.946716604 \Rightarrow u_{chuck} = 0.5 \cdot (v_{john2,preimp-max} - 1.946716604)$$

$$0.5 \cdot 0.5m \cdot v_{john2,preimp-max}^2 = 0.5 \cdot m \cdot u_{chuck}^2 + 0.5 \cdot 0.5m \cdot 1.946716604^2$$

$$\Rightarrow v_{john2,preimp-max}^2 = 2 \cdot 0.25 \cdot (v_{john2,preimp-max} - 1.946716604)^2 + 1.946716604^2$$

$$\Rightarrow 0.5 \cdot v_{john2,preimp-max}^2 + 1.946716604 v_{john2,preimp-max} - 5.684558305 = 0$$

$$\Rightarrow v_{john2,preimp-max} = 1.946716604 \text{ or } -5.840149813 \left[\frac{m}{s} \right] \Rightarrow v_{john2,preimp-max} = -5.840149813 \left[\frac{m}{s} \right]$$

(לקחנו את התשובה השלילית כי הגולה של ג'וני מתגלגלת שמאלה לפני ההתנגשות). כעת נחשב את המהירות שבה הייתה הגולה כשעלתה על התיבה ואז אתה המהירות למרגלות המישור ואז את המהירות שבה גלגל ג'וני את הגולה:

$$(-5.840149813)^2 = v_{john2max,upramp}^2 + 2 \cdot 0.6g \cdot (-0.2719253769 - 0.3)$$

$$\Rightarrow v_{john2min,upramp} = -6.390622456 \left[\frac{m}{s} \right] \approx -6.39 \left[\frac{m}{s} \right]$$

ולמרגלות המישור:

$$0.5 \cdot 0.5m \cdot v_{john2max,downramp}^2 = 0.5mgh + 0.5 \cdot 0.5m \cdot (-6.390622456)^2$$

$$\Rightarrow v_{john2min,downramp} = \sqrt{40.84005537 + 2 \cdot 9.81 \cdot 0.3} = -6.835645937 \left[\frac{m}{s} \right] \approx -6.84 \left[\frac{m}{s} \right]$$

וכעת, המהירות המקסימלית שבה ג'וני צריך לגלגל את הגולה שלו על מנת לנצח בהפרש של שלוש נקודות:

$$(-6.835645937)^2 = v_{john2max}^2 + 2 \cdot 0.1 \cdot g \cdot (-0.2) \Rightarrow |v_{max}| = 6.86428841 \left[\frac{m}{s} \right] \approx 6.86 \left[\frac{m}{s} \right]$$

(לכיוון שמאל כמובן).

כעת נראה מה אם הוא ישגר במהירות הנמוכה ב $1 \left[\frac{m}{s} \right] = 100 \left[\frac{cm}{s} \right]$ מהמהירות המינימלית, כלומר במהירות של $-5.043480403 \left[\frac{m}{s} \right]$.

$$v_{down}^2 = 5.043480403^2 + 2 \cdot 0.1 \cdot g \cdot (-0.2) \Rightarrow v_{down} = -5.004427497 \left[\frac{m}{s} \right] \approx -5.00 \left[\frac{m}{s} \right]$$

המעלה המישור המשופע:

$$0.5 \cdot 0.5m \cdot (-5.004427497)^2 = 0.5mgh + 0.5 \cdot 0.5m \cdot v_{up}^2$$

$$\Rightarrow v_{up} = \sqrt{25.04429458 - 2 \cdot 9.81 \cdot 0.3} = -4.377018914 \left[\frac{m}{s} \right] \approx -4.38 \left[\frac{m}{s} \right]$$

וכעת למהירות ההתנגשות:

$$v_{imp}^2 = (-4.377018914)^2 + 2 \cdot 0.6g \cdot (-0.2719253769 - 0.3)$$

$$\Rightarrow v_{imp} = -3.524994899 \left[\frac{m}{s} \right] \approx -3.52 \left[\frac{m}{s} \right]$$

אבל ראינו שצריך מהירות שגודלה נמוך מכך כדי להפיל את הגולה של ג'וני, אך היא צריכה להיות עם ערך מוחלט יותר גבוה כדי להגיע לריבוע האדום. כלומר, הגולה של ג'וני תפיל את זו של צ'אק אך תהיה באיזור ששווה נקודה אחת. לכן התוצאה הסופית תהיה שג'וני ינצח 1 : 2.