

## פיזיקה

## מכניקה

## הוראות

א. משך הבחינה: שתיים.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:

בשאלון זה שש שאלות, ומהן יש לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה –  $33\frac{1}{3}$  נקודות;  $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$  נקודות

ג. חומר עזר מותר בשימוש:

(1) מחשבון לא גרפי. אין להשתמש באפשרויות התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות.

(2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).

(3) מילון עברי-לועזי/לועזי-עברי.

ד. הוראות מיוחדות:

(1) יש לענות על שלוש שאלות בלבד. אם תענו על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברת. יש לציין באופן ברור את מספר השאלה שבחרתם ואת הסעיף.

(2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, יש להציג את השלבים האלה:

רישום הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי נושא נוסחה בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב באמצעות שבר עשרוני ובו מספר מתאים של ספרות משמעותיות וכן יחידות המידה.

(3) את הגרפים יש לסרטט בגודל של חצי עמוד לפחות. יש להשתמש בסרגל לסרטוט קווים ישרים.

(4) כאשר נדרשים להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, יש לרשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים מתוך הטבלה שבדפי הנוסחאות והנתונים או בגודל תאוצת הנפילה החופשית  $g$ .

(5) בחישובים יש להשתמש בערך  $10 \text{ m/s}^2$  לגודל של  $g$  – תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).

(6) יש לכתוב את התשובות בעט. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים וגרפים בלבד.

(7) במקרה של טעות, אפשר להסתפק בהעברת קו חוצה כפול על המילים או המשפטים השגויים.

יש לכתוב במחברת הבחינה בלבד. יש לרשום "טייטה" בראש כל עמוד המשמש טייטה. תתיבת טייטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

פיזיקה  
 נוסחאות  
 נתונים  
 תרגום לרוסית (5)

## Вопросы

Ответьте на три из вопросов 1–6.

(За каждый вопрос –  $33\frac{1}{3}$  балла; число баллов за каждый пункт вопроса указано в его конце).

1. Метание копья – это вид спорта, соревнования по которому состоятся, в том числе, во время 22-й Маккабиады, которая пройдет в Израиле летом 2026 года.

Израильский спортсмен Ариэль Атиас, который завоевал золотую медаль в метании копья на 21-й Маккабиаде, дважды метал копье во время тренировки. Компьютерная система, которая отслеживает движение копья с того момента, когда оно находится в наивысшей точке своего полета, и до того момента, когда оно падает на землю, предоставила данные о движении копья.

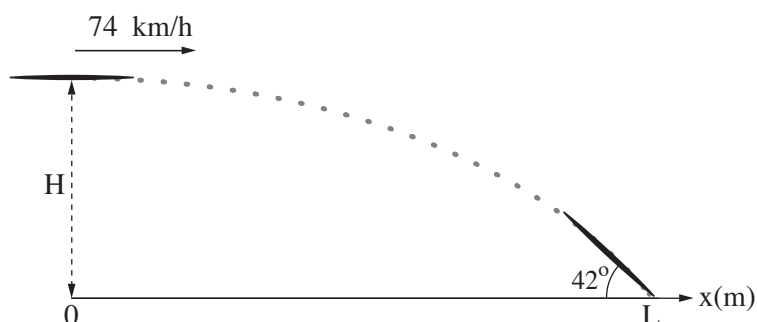
При первом метании:

Компьютерная система начала собирать данные о движении копья в момент времени  $t = 0$ ; в этот момент копье находилось в наивысшей точке своего полета,  $H$  метров над той точкой на поверхности земли, которая была определена как начало оси местоположения  $x = 0$ .

Дано: в наивысшей точке,  $H$ , горизонтальная скорость копья составила  $74 \text{ km/h}$ .

Копье воткнулось в землю в точке  $x = L$  со скоростью, величина которой неизвестна, и под углом  $42^\circ$  (см. чертеж).

Трением между копьем и воздухом во время движения копья можно пренебречь. В своих вычислениях предположите, что копье является точечным телом.



- (\*) Словесно опишите характеристики движения копья с момента, когда система начала отслеживать движение копья (момента, когда копье находилось в наивысшей точке), и до момента падения копья на землю. В своем ответе рассмотрите каждую из двух осей движения отдельно. (8 баллов)

- (\*) Вычислите величину скорости копья в момент его падения на землю. (8 баллов)

- (\*) Вычислите  $H$ , максимальную высоту траектории копья. (7 баллов)

При втором метании:

Наивысшая точка копья была на 1 метр ниже наивысшей точки копья при первом метании (высота, которую вы вычислили в пункте \*), а его скорость отличалась от  $74 \text{ km/h}$ . Вместе с тем, горизонтальное расстояние,  $L$ , которое копье пролетело за время с момента, в котором оно находилось в наивысшей точке, до момента падения на землю, было одинаковым при обоих метаниях.

- (\*) Вычислите величину горизонтальной скорости копья в наивысшей точке его движения при втором метании. (6 баллов)

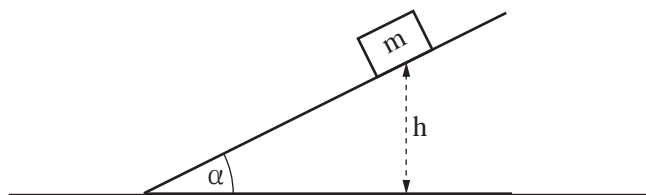
- (\*) Определите без вычислений, был ли угол падения на землю при втором метании меньше угла падения при первом метании, больше его или равен ему. Обоснуйте свой ответ.

( $4\frac{1}{3}$  балла)

2. Небольшое тело массой  $m$  расположено на высоте  $h$  на наклонной плоскости, угол наклона  $\alpha$  которой может изменяться (смотрите чертеж).

Когда угол наклона равен  $\alpha_0$ , тело находится в состоянии покоя.

Коэффициент трения покоя между телом и плоскостью равен  $\mu_s$ , а коэффициент трения движения равен  $\mu_k$ .



- (а) Начертите силы, действующие на тело. Рядом с каждой силой напишите ее название и укажите ее источник [מי מפעיל אותן]. (6 баллов)

Угол наклона наклонной плоскости **уменьшили** до  $\alpha_1$ , для которого  $\alpha_0 > \alpha_1$ .

- (б) Определите, после уменьшения угла величина силы трения, действующей на тело, увеличилась, или уменьшилась, или не изменилась. Обоснуйте свой ответ. (7 баллов)

Угол наклона наклонной плоскости **увеличили** до  $\alpha_2$ , при котором тело находится **непосредственно перед началом движения**.

- (а) (1) Напишите **два** уравнения сил, действующих на тело в положении, когда оно находится непосредственно перед началом движения.

- (2) Выразите величину угла  $\alpha_2$  как функцию данных этого вопроса.

(8 баллов)

Угол наклона наклонной плоскости **вновь увеличили** до  $\alpha_3$ , при котором тело движется вниз по наклонной плоскости.

Дано:  $\mu_k = 0.24$

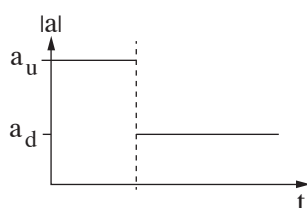
$$\alpha_3 = 22^\circ$$

$$h = 0.3\text{m}$$

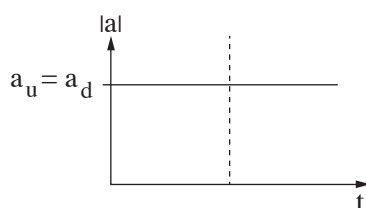
- (г) Вычислите величину скорости тела в момент, когда оно достигает нижней точки наклонной плоскости. (8 баллов)

Телу придают начальную скорость в направлении вверх по наклонной плоскости. Обозначим величину ускорения тела при движении вверх по наклонной плоскости через  $a_u$  и обозначим величину его ускорения при движении вниз по наклонной плоскости через  $a_d$

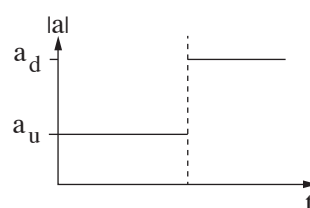
- (д) На чертежах 1–3 приведены качественные графики величины ускорения тела при движении вверх и при движении вниз как функции времени,  $t$ . Определите, какой чертеж верно описывает величину ускорения тела при движении вверх и вниз. ( $4\frac{1}{3}$  балла)



Чертеж 3

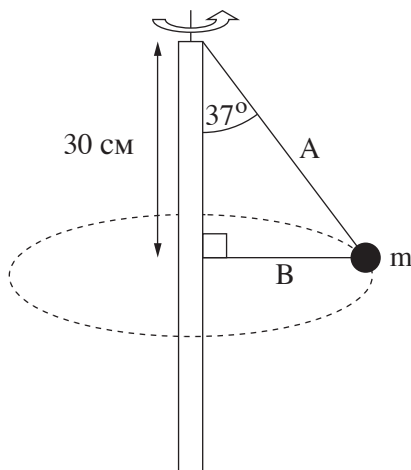


Чертеж 2



Чертеж 1

3. Маленький шарик массой  $m = 0.2\text{kg}$  соединен двумя нитями А и В с вертикальным стержнем. Нить А привязана к концу стержня, а нить В привязана к стержню в точке, находящейся на расстоянии 30 см ниже точки, к которой привязана нить А. Вертикальный стержень вращают таким образом, что шарик совершает круговое движение в горизонтальной плоскости, а нить В во время этого движения находится в горизонтальном положении (см. чертеж).



Известно, что натяжение нити В во время кругового движения  $T_B = 3\text{N}$ , а угол между нитью А и стержнем равен  $37^\circ$ .

- (ж) Начертите силы, действующие на шарик во время кругового движения. (5 баллов)
- (з) Вычислите силу натяжения нити А,  $T_A$ . (5 баллов)
- (и) Вычислите частоту вращения ( $f$ ). (7 баллов)
- (т) Определите, совершает ли сила  $T_A$  работу над шариком во время движения вдоль четверти окружности. Обоснуйте свой ответ. (6 баллов)

Хотят обнулить силу натяжения нити В ( $T_B = 0$ ), но при этом сохранить круговое движение шарика так, чтобы величина угла между нитью А и стержнем осталась бы  $37^\circ$ .

- (н) Определите, нужно ли для этого увеличить частоту вращения ( $f$ ), или уменьшить ее, или оставить ее без изменения. Обоснуйте свой ответ. (6 баллов)

**Увеличили** частоту вращения таким образом, что шарик выполнял круговое движение по той же траектории, но с более высокой скоростью.

- (и) Определите, изменилась ли после увеличения частоты вращения величина силы натяжения  $T_A$ . Обоснуйте свой ответ. ( $4\frac{1}{3}$  балла)

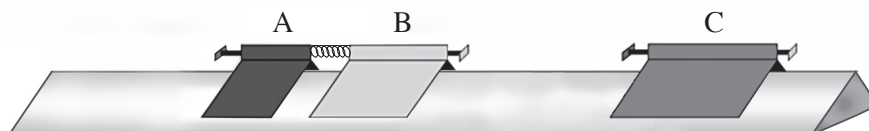
4. Дана система, состоящая из гладкой горизонтальной рельсовой дорожки, на которой находятся три тела, А, В и С, массы которых  $m_A$ ,  $m_B$  и  $m_C$ , соответственно. Тела А и В прижаты друг к другу сжатой пружиной (смотрите чертеж).

В ответах нет необходимости принимать во внимание энергию пружины.

Силами трения между телами и рельсом можно пренебречь.

Дано:  $m_A = 0.1\text{kg}$ ,  $m_B = 0.2\text{kg}$ , масса пружины пренебрежимо мала.

Прижатые друг к другу тела А и В и сжатая пружина между ними двигались вместе как одно тело вправо со скоростью  $v = 0.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .



- (а) Объясните, почему тело А, тело В и пружина между ними представляют собой закрытую систему. (6 баллов)

В определенный момент времени пружина разжалась и, разжимаясь, воздействовала силой на оба тела, так что они отделились друг от друга: тело А остановилось, а тело В продолжило движение.

- (б) Вычислите скорость  $u_B$  тела В (величину и направление) немедленно после отделения тел А и В. (8 баллов).
- (в) Вычислите работу, которая была совершена над телом А во время отделения. (8 баллов)

После отделения тело В продолжило движение и столкнулось – это было одномерное упругое столкновение – с телом С, которое находилось в состоянии покоя на рельсе.

После столкновения тело В двигалось в направлении, противоположном направлению своего движения до столкновения, а величина его скорости уменьшилась в 2 раза.

- (г) Вычислите  $u_C$ , величину скорости тела С после его столкновения с телом В. (7 баллов)

- (д) Вычислите  $m_C$ , массу тела С. ( $4\frac{1}{3}$  балла)

5. Простое гармоническое движение – это периодическое движение, для которого  $\Sigma \vec{F} = -c\vec{x}$ .

(а) Определите, является ли **любое** периодическое движение простым гармоническим движением.

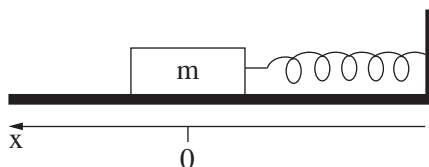
Если да, то обоснуйте свой ответ.

Если нет, то приведите пример периодического движения, которое не является простым гармоническим движением. (5 баллов)

Ученики провели два опыта с телом, масса которого  $m = 0.5\text{kg}$ . Это тело находится на гладкой – без трения – горизонтальной поверхности стола и соединено со стеной горизонтальной пружиной (смотрите чертеж).

В первом опыте ученики сдвинули тело влево, в положительном направлении оси местоположения,  $x$ , на расстояние 60 см от точки равновесия ( $x = 0$ ).

Они освободили тело, так что оно начало двигаться вправо и влево, совершая простое гармоническое движение, и измерили датчиком величину силы  $F$ , с которой пружина действует на тело, как функцию его местоположения  $x$ .



Результаты измерений представлены в следующей таблице.

$x(\text{cm})$	60	40	20	0	-10	-30	-50
$F(\text{N})$	-9.4	-6.5	-3.0	0	1.7	5.0	7.8

(א) (1) Начертите диаграмму распределения (точки в системе координат) силы  $F$  как функции местоположения тела,  $x$ .

(2) Добавьте к диаграмме распределения наиболее подходящую ей прямую (линию направления [המגמה]).

(8 баллов)

(ב) Воспользуйтесь построенным вами графиком и вычислите угловую скорость,  $\omega$ , которая характеризует движение этого тела. (8 баллов)

(ג) Определите местоположение тела,  $x$ , в точке его максимальной скорости, и вычислите величину скорости в этой точке. (8 баллов)

Во втором опыте тело находилось в состоянии покоя в точке равновесия ( $x = 0$ ). Ученики придали ему начальную скорость в направлении влево, величина которой в 2 раза больше величины скорости, которую вы вычислили в пункте г.

(ד) Определите, была ли частота колебаний тела во втором опыте больше частоты колебаний в первом опыте, меньше ее или равна ей. Обоснуйте свой ответ. ( $4\frac{1}{3}$  балла)

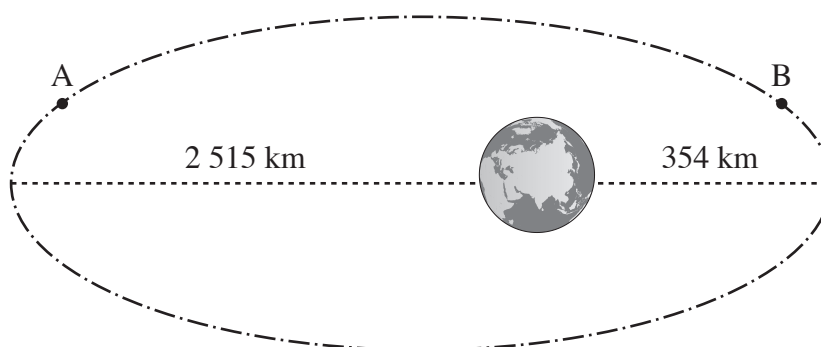
## Гравитация

6. Спутник Эксплорер 1 (Explorer1) – это спутник, разработанный в Лаборатории реактивного движения в Пасадене (Калифорния). Этот спутник был запущен в 1958 году, и он считается первым спутником, который США успешно запустили в космос.

Спутник массой 14 kg вращался вокруг Земли по эллиптической орбите. Максимальная высота спутника на этой орбите была 2515 km над поверхностью Земли, а минимальная высота над поверхностью Земли составляла 354 km (см. чертеж).

Обратите внимание: чертеж не построен в масштабе.

Считайте, что спутник двигался только под действием силы притяжения Земли.



- (\*) А и В – это две точки, расположенные на орбите, по которой двигался спутник.

Определите, когда спутник проходил в точке А описанной выше эллиптической орбиты, величина его скорости была больше величины его скорости, когда он проходит через точку В, равна ей или меньше нее. Обоснуйте свой ответ. (8 баллов)

- (\*) Определите, совершала ли сила притяжения работу во время движения спутника из точки А в точку В. Обоснуйте свой ответ. (8 баллов)

Дан другой спутник с идентичной массой. Он вращается вокруг Земли по круговой орбите и совершает один оборот за 100 минут.

- (\*) Вычислите радиус орбиты этого спутника. (8 баллов)

- (\*) Вычислите работу, которая потребуется для того, чтобы перевести данный спутник на другую круговую орбиту, которая на 1000 km выше его предыдущей орбиты. (5 баллов)

- (\*) Определите, период обращения данного спутника на второй орбите будет равен 100 минутам, меньше этого времени или больше его. Обоснуйте свой ответ. ( $4\frac{1}{3}$  балла)

**Желаем успеха!**

**בהצלחה!**