

## Физика

### Механика

## פיזיקה

### מכניקה

#### Указания

а. Продолжительность экзамена: 2 часа 15 минут.

б. Строение вопросника и ключ к оценке:

В этом вопроснике шесть вопросов, вы должны ответить только на три из них.

За каждый вопрос –  $33\frac{1}{3}$  балла;  $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$  баллов

в. Разрешенный вспомогательный материал:

1. Калькулятор без графического дисплея. Нельзя пользоваться возможностями программирования, если они есть в калькуляторе.
2. Формулы и данные (прилагаются).
3. Двухязычный словарь.

г. Особые указания:

1. Ответьте только на три вопроса. Если вы ответите более чем на три вопроса, будут проверены только первые три ответа в вашей тетради. Четко отметьте номер выбранного вопроса и пункта.
2. При решении вопросов, требующих вычислений, запишите следующие этапы: запись математических выражений в том виде, в котором они представлены в приложенном листе формул и данных, математическое преобразование и изменение искомого формулы в соответствии с задачей, подробная запись данных в полученном выражении, запись результатов вычислений посредством десятичной дроби с необходимым для задачи количеством цифр после десятичного знака и в соответствующих единицах измерения.
3. Графики должны быть размером не менее, чем в полстраницы. Прямые линии следует чертить с помощью линейки.
4. Когда требуется представить величину с помощью данных вопроса, запишите математическое выражение, включающее данные вопроса или их часть; при необходимости можно также пользоваться основными константами из таблицы на листе формул и данных или значением ускорения свободного падения  $g$ .
5. В своих вычислениях используйте значение  $10 \text{ m/s}^2$  как  $g$  – ускорение свободного падения (вблизи Земли).
6. Пишите свои ответы ручкой. Карандаш можно использовать только для чертежей и графиков.
7. Если вы допустили ошибку, достаточно зачеркнуть двумя линиями неправильные слова или предложения.

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

Пишите только в экзаменационной тетради. Напишите слово «טיוטה» в начале каждой страницы, отведенной вами под черновик. Выполнение черновых записей на листах, не относящихся к экзаменационной тетради, может привести к тому, что экзамен будет аннулирован.

Желаем успеха!

#### הוראות

א. משך הבחינה: שתיים ורבע.

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.

בהצלחה!

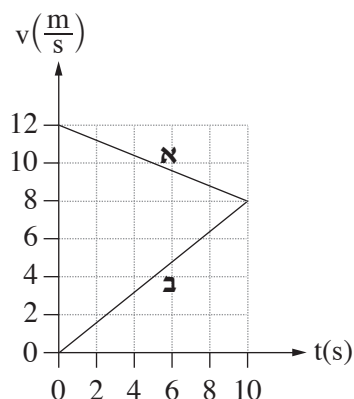
## Вопросы

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. Две машины,  $\aleph$  и  $\beth$ , ехали по прямому шоссе. В момент времени  $t = 0$  обе машины находились в точке  $x = 0$ . Графики на чертеже описывают скорость машин  $\aleph$  и  $\beth$  как функцию времени, начиная с момента времени  $t = 0$  и до момента времени  $t = 10$  s.

Направление вправо принято за положительное направление.



- ( $\aleph$ ) Вычислите ускорение (величину и направление) каждой из двух машин в период времени  $0 < t < 10$  s. (8 баллов)
- ( $\beth$ ) Ответьте на вопросы двух подпунктов (1)–(2) для момента времени  $t = 10$  s.
- (1) Определите, ехали ли обе машины в одном и том же направлении или в противоположных направлениях. Обоснуйте свой ответ.
  - (2) Определите, было ли расстояние между машиной  $\aleph$  и точкой  $x = 0$  больше, чем расстояние между машиной  $\beth$  и этой точкой, меньше его или равно ему. Обоснуйте свой ответ.
- (6 баллов)

После момента времени  $t = 10$  s машина  $\aleph$  продолжала ехать с ускорением, которое вы вычислили при ответе на вопрос пункта ( $\aleph$ ), и остановилась, когда доехала до автобусной остановки.

- ( $\aleph$ ) (1) Вычислите расстояние между автобусной остановкой и точкой  $x = 0$ .
- (2) Вычислите, сколько времени прошло с момента  $t = 0$  и до момента, когда машина  $\aleph$  приехала на автобусную остановку.
- (8 баллов)

**Обратите внимание: продолжение вопроса на следующей странице.**

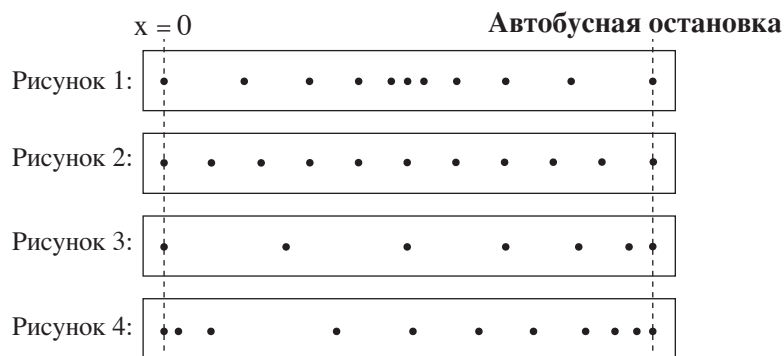
В момент времени  $t = 10\text{s}$  машина  $\alpha$  начала замедляться с постоянным ускорением вплоть до того, как она остановилась на той же автобусной остановке, на которой остановилась машина  $\kappa$ .

(7) Вычислите, сколько времени прошло с момента, когда машина  $\kappa$  остановилась на автобусной остановке, и до того момента, когда там остановилась машина  $\alpha$ .

(7 баллов)

(7) На днище машины  $\alpha$ , очень близко к поверхности дороги, было установлено специальное устройство, которое выпускало на дорогу каплю краски через равные промежутки времени, по одной капле краски за раз.

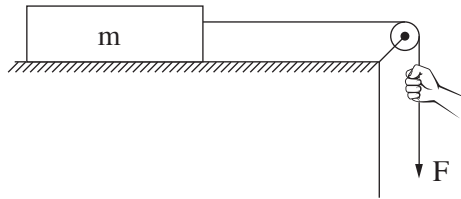
Определите, какой из рисунков 1-4 наилучшим образом представляет схему следов краски, полученную во время движения машины  $\alpha$  с момента  $t = 0$  и до того момента, когда она остановилась на автобусной остановке.  $(4\frac{1}{3}$  балла)



2. Ученица физического класса провела опыт, в котором коробок массой  $m$  покоится на шероховатой горизонтальной поверхности. Коробок привязан нитью, которая проходит через блок, как показано на чертеже ниже.

Массой нити и массой блока можно пренебречь. Коэффициент трения (статического и кинетического) между коробком и поверхностью равен  $\mu$ .

В ходе опыта ученица тянула за конец нити вниз с силой  $F$  и измеряла величину ускорения  $a$  коробка в ходе его движения. Ученица повторила измерения несколько раз, причем каждый раз она меняла силу  $F$  и измеряла величину ускорения  $a$ .



Результаты измерений представлены в таблице:

$F$ (N)	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
$a$ ( $\frac{m}{s^2}$ )	1.9	2.7	3.4	4.2	5.0

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

(б) Не опираясь на результаты измерений ученицы, выведите выражение для ускорения коробка  $a$  как функции силы  $F$ . Выразите свой ответ при помощи  $m$ ,  $\mu$ ,  $g$ . (8 баллов)

(в) (1) Начертите диаграмму распределения (точки в системе координат), описывающую величину ускорения коробка  $a$  как функцию силы  $F$ .

(2) Дополните диаграмму распределения наиболее подходящей ей прямой (линией направления) [קו ממש].

(8 баллов)

(г) Воспользуйтесь начерченным вами графиком и ответьте на вопросы подпунктов (1)–(2).

(1) Вычислите массу коробка  $m$ .

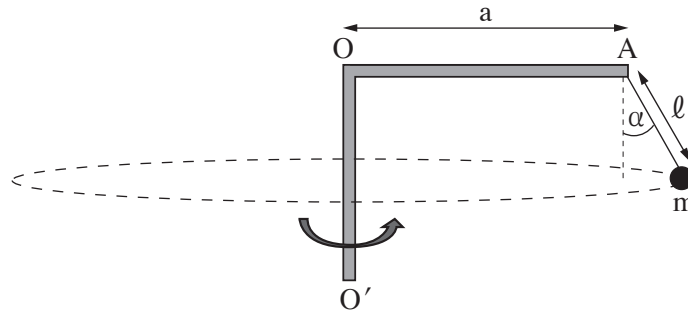
(2) Вычислите коэффициент трения  $\mu$  между коробком и поверхностью.

(7 баллов)

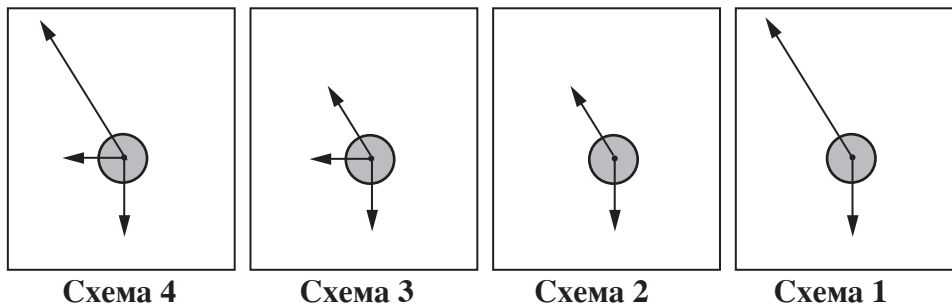
(д) Ученица провела еще одно измерение, в ходе которого она тянула нить с силой  $F = 1.5N$ . Определите, каково было ускорение коробка в этом случае. Объясните свой ответ.

(4  $\frac{1}{3}$  балла)

3. На рисунке ниже изображена конструкция, состоящая из горизонтального стержня  $AO$ , длина которого  $a = 3\text{m}$ , присоединенного к вертикальной оси  $OO'$ . В точке  $A$  к стержню прикреплена нить, к концу которой подвешено небольшое тело  $m$ .  
 Дано: масса тела  $m = 2\text{kg}$ , длина нити  $\ell = 1\text{m}$ . Массой нити можно пренебречь.  
 Конструкция вращается с постоянной частотой  $f$ , а тело  $m$  движется по круговой горизонтальной траектории. В этом положении угол между нитью и вертикальным направлением  $\alpha = 30^\circ$ .



- (а) Ниже приведены четыре схемы сил, 1–4. Длины векторов пропорциональны величине сил. Определите, какая схема наилучшим образом представляет силы, действующие на тело  $m$  во время вращения конструкции. (5 баллов)



- (б) Вычислите силу натяжения нити во время вращения конструкции. (8 баллов)
- (в) Определите, будет ли сила натяжения нити в то время, когда конструкция не вращается, больше силы натяжения нити, которую вы вычислили в пункте (б), меньше ее или равна ей. Обоснуйте свой ответ. (8 баллов)
- (г) Вычислите частоту вращения  $f$ . (8 баллов)
- (д) Дано, что максимальная сила натяжения, которую нить может выдержать и не порваться, равна  $45\text{N}$ .  
 Вычислите максимальную частоту вращения, с которой может вращаться конструкция без разрыва нити. ( $4\frac{1}{3}$  балла)

4. Два ящика А и В массой  $m_A$  и  $m_B$ , соответственно, движутся навстречу друг другу по горизонтальной поверхности без трения, как показано на чертеже 1.

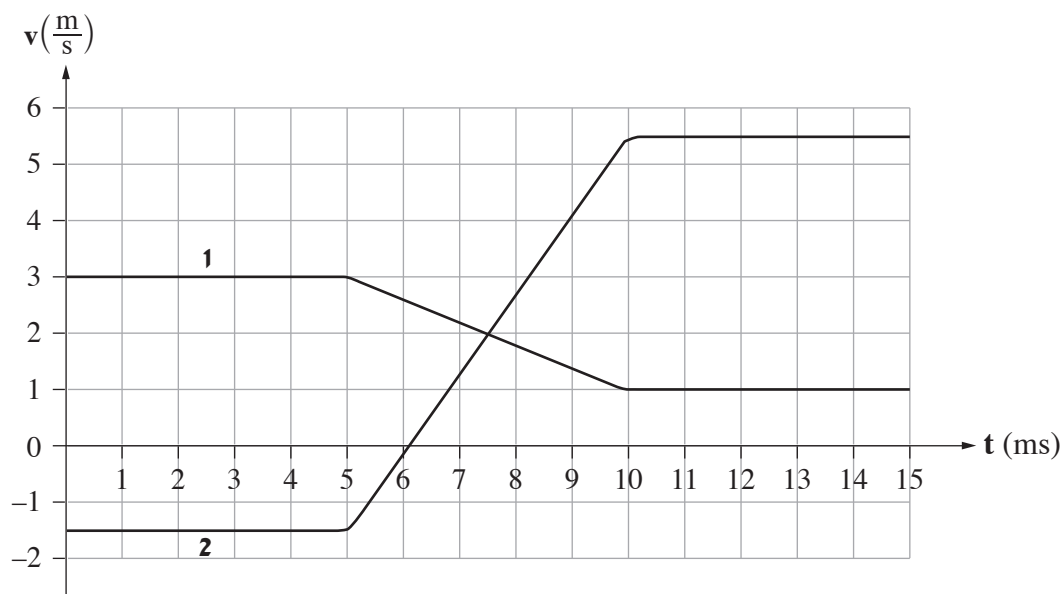


Чертеж 1

Дано:  $m_A = 0.14\text{kg}$ . Масса ящика В не дана.

Датчик движения следит за движением ящиков и измеряет их скорость в зависимости от времени. Направление вправо принято за положительное направление.

Результаты измерений датчика представлены на графиках 1, 2 на чертеже 2.



Чертеж 2

**Обратите внимание:** значения на оси времени даны в единицах ms (миллисекунды).

- (а) Определите, какой из графиков, 1 или 2, представляет скорость ящика В. Объясните свой ответ. (4 балла)
- (б) Вычислите  $m_B$ , массу ящика В. (9 баллов)
- (в) Вычислите импульс силы (величину и направление), с которым ящик В действовал на ящик А. (8 баллов)
- (г) Вычислите среднюю силу (величину и направление), с которой ящик В действовал на ящик А. (8 баллов)
- (д) Двух учеников спросили о величине импульса силы, с которым ящик А действовал на ящик В.  
 Ученик 1 утверждал, что на ящик с большей массой действовал импульс силы большей величины.  
 Ученик 2 утверждал, что на каждый из ящиков действовал импульс силы одинаковой величины, независимо от массы ящиков.  
 Кто из двух учеников прав? Объясните свой ответ. ( $4\frac{1}{3}$  балла)

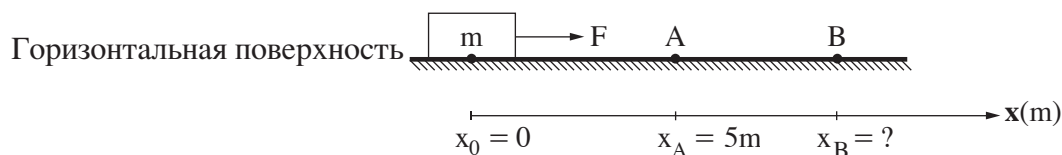
5. Тело массой  $m = 2\text{kg}$  покоится на шероховатой горизонтальной поверхности. Коэффициент кинетического трения между телом и поверхностью  $\mu = 0.2$ .

Задают ось местоположения,  $x$ , началом которой является точка  $x_0 = 0$ , расположенная в месте, где находится тело, а ее положительным направлением является направление вправо (смотрите чертеж  $\kappa$ ).

На тело начинает действовать горизонтальная сила  $F$ , направленная вправо, и тело начинает двигаться по поверхности. Когда тело достигает точки  $A$ , координата которой  $x_A = 5\text{m}$ , сила  $F$  перестает действовать.

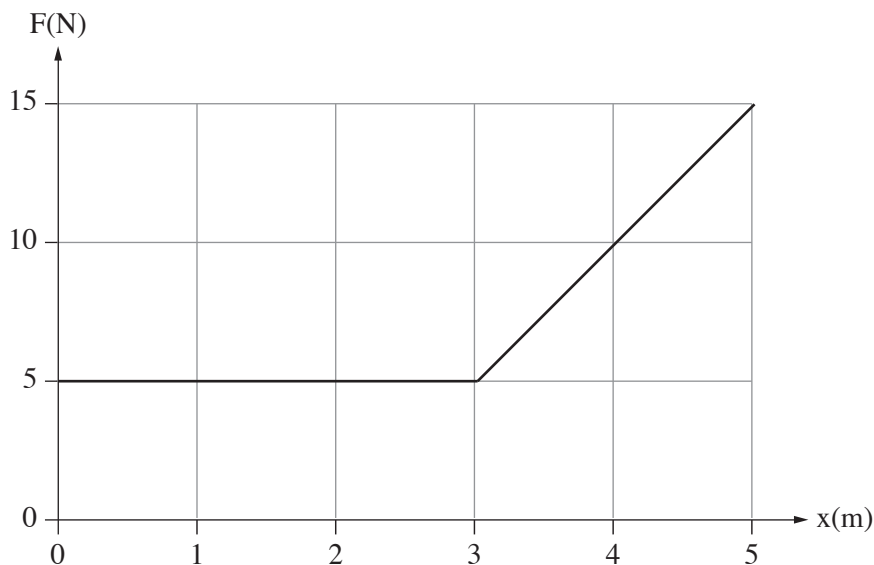
Из точки  $A$  тело продолжает движение по поверхности до остановки в точке  $B$ . Обозначим местоположение точки  $B$  через  $x_B$ .

**Обратите внимание:** чертеж  $\kappa$  построен не в масштабе.



**Чертеж  $\kappa$**

График на чертеже  $\lambda$  описывает величину силы  $F$  как функцию местоположения тела.



**Чертеж  $\lambda$**

- ( $\kappa$ ) Определите, какую физическую величину выражает площадь фигуры, заключенной между графиком и осью местоположения ( $x$ ), когда действует сила  $F$ , и вычислите площадь этой фигуры. (6 баллов)
- ( $\lambda$ ) Вычислите работу силы трения с начала движения тела и до его прибытия в точку  $A$ . (8 баллов)
- ( $\mu$ ) Вычислите скорость тела в момент времени, когда оно проходит точку  $A$ . (8 баллов)
- ( $\nu$ ) Вычислите  $x_B$ , координату точки  $B$ , в которой остановилось тело. (7 баллов)

**Обратите внимание:** продолжение вопроса на следующей странице.

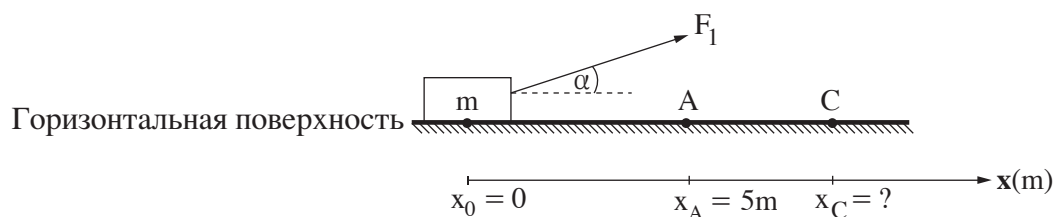
В другом случае на тело действует сила  $F_1$ , которая не является горизонтальной, а направлена под углом  $\alpha$  вверх (смотрите чертеж  $\lambda$ ), так что тело не отрывается от поверхности в ходе своего движения.

Приведенный на чертеже  $\lambda$  график также описывает величину горизонтальной составляющей силы  $F_1$  как функцию местоположения тела.

Под действием силы  $F_1$  тело начинает движение по поверхности из точки  $x_0 = 0$ . Когда тело оказывается в точке А, сила  $F_1$  перестает действовать.

Из точки А тело продолжает двигаться по поверхности до остановки в точке С. Обозначим местоположение точки С через  $x_C$ .

**Обратите внимание:** чертеж  $\lambda$  построен не в масштабе.



Чертеж  $\lambda$

(7) Ниже приведены четыре выражения, 1–4. Определите, какое выражение верно. Обоснуйте свой выбор.

1.  $x_C < x_B$
2.  $x_C = x_B$
3.  $x_C > x_B$
4. Невозможно определить без дополнительной информации, как соотносятся между собой  $x_B$  и  $x_C$ .

( $4\frac{1}{3}$  балла)



## Гравитация

6. В 1781 году астроном сэр Уильям Гершель открыл планету Уран. Данные о планете Уран приведены в приложении «Физические формулы и данные» (лист с формулами).

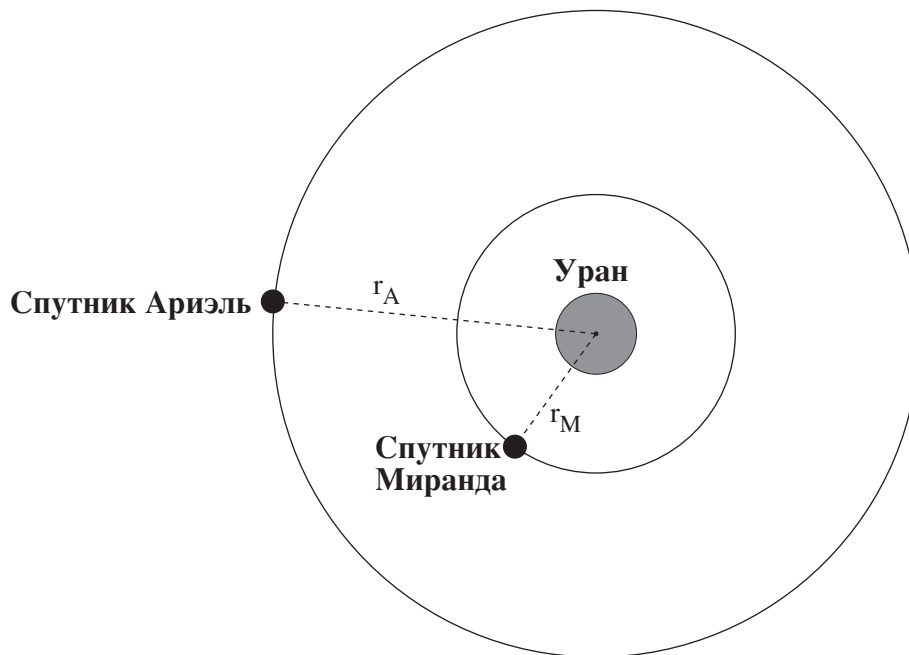
(⌘) Вычислите величину ускорения свободного падения на поверхности планеты Уран.

(6 баллов)

Вокруг планеты Уран вращаются два естественных спутника, Ариэль и Миранда, как показано на чертеже (предположите, что у них круговые орбиты). Чертеж построен не в масштабе.

Миранда вращается вокруг Урана по орбите радиусом  $r_M = 13 \cdot 10^7 \text{ m}$ , и период ее обращения равен  $T_M$ .

Ариэль вращается вокруг Урана по орбите радиусом  $r_A = 19 \cdot 10^7 \text{ m}$ , и период его обращения равен  $T_A$ .



(⌘) Вычислите величину радиального ускорения **Миранды** при движении вокруг Урана.

(8 баллов)

(⌘) Вычислите период обращения  $T_M$  **Миранды** при движении вокруг Урана. (8 баллов)

(⌘) Вычислите  $\frac{T_A}{T_M}$ , отношение периода обращения Ариэля к периоду обращения Миранды.

(7 баллов)

Хотят запустить на орбиту два искусственных спутника, которые будут вращаться вокруг Земли: спутник  $\kappa$ , который будет двигаться по круговой орбите, радиус которой равен радиусу орбиты Миранды вокруг Урана, и спутник  $\tau$ , который будет двигаться по круговой орбите, радиус которой равен радиусу орбиты Ариэля вокруг Урана.

(⌘) Определите: будет ли отношение периода обращения искусственного спутника  $\tau$  к периоду

обращения искусственного спутника  $\kappa$   $\left(\frac{T_\tau}{T_\kappa}\right)$  в ходе их движения вокруг Земли равно отношению периодов обращения естественных спутников Ариэля и Миранды  $\left(\frac{T_A}{T_M}\right)$ , которое вы вычислили в пункте (⌘), или будет отличаться от него.

Обоснуйте свой ответ.  $(4\frac{1}{3}$  балла)

**Желаем успеха!**

**בהצלחה!**