**11.1.** Установка, стоящая на краю вертикального обрыва, запускает в море маленький мячик со скоростью *υ*0 = 10 м/с под углом *α* = 30° к горизонтальной плоскости. Мячик упал в море под углом *β* = 60° к горизонтальной плоскости. Определите высоту обрыва *H* над уровнем моря, расстояние *L* по горизонтали от обрыва до точки падения, скорость мяча *υk* при падении, время *t* полета шарика. Ускорение свободного падения *g*= 10 м/с2. Силой сопротивления воздуха пренебречь.

**Решение**.

***Векторный метод***

*Пусть мячик исходно летит вверх.* Рассмотрим векторный треугольник скоростей, где вектор ускорения свободного падения направлен вертикально вниз.



Для радиус-вектора (начало отсчета свяжем с установкой):

, или .

Вектор  является медианой векторного треугольника скоростей, а его проекция на горизонтальное направление  – высотой треугольника. Углы треугольника равны , , .

Проекция скоростей на горизонтальную прямую (высоту треугольника):

; (1)

Отсюда  м/с. (2)

Закон сохранения механической энергии:

. (3)

 м. (4)

Из теоремы синусов:

. (5)

Отсюда

 секунды. (6)

Найдем площадь треугольника:

. (7)

Отсюда

 метров (8)

Если мячик исходно летит вниз, что во всех формулах угол α надо заменить на угол –α:

 м/с. (2б)

 м. (4б)

 секунда. (6б)

 метров (8б)

*Примечание*: школьник может заметить, что при полете вверх , т.е. векторный треугольник скоростей является прямоугольным, и решать этот частный случай.

*Примечание*: по усмотрению жюри полный балл ставится, даже если рассмотрен только 1 вариант (вверх или вниз).

*Разбалловка*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№** | **Критерий** | **Баллы** |
| 1 | Записаны формулы для векторного треугольника скоростей, или сделан рисунок треугольника | 2 |
| 2 | Записана формула | 1 |
| 3 | Получена формула для конечной скорости | 0,5 |
| 4 | Получено числовое значение  м/с. | 0,5 |
| 5 | Записан закон сохранения механической энергии | 1 |
| 6 | Получена формула для высоты обрыва *H* | 0,5 |
| 7 | Получено числовое значение для высоты обрыва *H* ≈ 10 м*.* | 0,5 |
| 8 | Записана теорема синусов | 1 |
| 9 | Получена формула для времени полета *t* | 0,5 |
| 10 | Получено числовые значение для времени полета *t* ≈ 2 с и 1 с (полный балл за любой вариант) | 0,5 |
| 11 | Записаны формулы для площади векторного треугольника | 1 |
| 12 | Получена формула для расстояния *L* | 0,5 |
| 13 | Получено числовые значение для расстояния *L* ≈ 17,3 м и 8,6 м (полный балл за любой вариант) | 0,5 |
|  | **Сумма** | **10** |

***Координатный метод***

При полете шарика его горизонтальная компонента скорости не меняется:

; (1)

Отсюда  м/с. (2)

Закон сохранения механической энергии:

. (3)

 м. (4)

Рассмотрим время подъема шарика как время уменьшения вертикальной компоненты начальной скорости до 0:

, (5)

а время падения – как время увеличения вертикальной компоненты от 0 до :

. (6)

Общее время полета:

. (7)

Подставим значения:

 секунды.

Расстояние *L* по горизонтали от обрыва до точки падения:

 м. (8)

Если мячик исходно летит вниз, что во всех формулах угол α надо заменить на угол –α:

 м/с. (2б)

 м. (4б)

 секунда. (7б)

 метров (8б)

*Примечание*: по усмотрению жюри полный балл ставится, даже если рассмотрен только 1 вариант (вверх или вниз).

*Разбалловка*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№** | **Критерий** | **Баллы** |
| 1 | Есть идея решения, схема движения шарика | 1 |
| 2 | Записана формула | 1 |
| 3 | Получена формула для конечной скорости | 0,5 |
| 4 | Получено числовое значение  м/с. | 0,5 |
| 5 | Записан закон сохранения механической энергии | 1 |
| 6 | Получена формула для высоты обрыва *H* | 0,5 |
| 7 | Получено числовое значение для высоты обрыва *H* ≈ 10 м*.* | 0,5 |
| 8 | Найдено время подъема шарика | 1 |
| 9 | Найдено время падения шарика | 1 |
| 10 | Получена формула для времени полета *t* | 0,5 |
| 11 | Получено числовые значение для времени полета *t* ≈ 2 с и 1 с (полный балл за любой вариант) | 0,5 |
| 12 | Записаны формулы для равномерного движения по горизонтали | 1 |
| 13 | Получена формула для расстояния *L* | 0,5 |
| 14 | Получено числовые значение для расстояния *L* ≈ 17,3 м и 8,6 м (полный балл за любой вариант) | 0,5 |
|  | **Сумма** | **10** |