

**10.3. Летающий ваттметр.** На некоторой планете устройство массы 1 кг, которое умеет измерять мгновенную мощность силы тяжести, бросили с поверхности под углом  $30^\circ$  к горизонту. В таблице представлены значения измеренной мощности в разные моменты времени.

Найдите время и дальность полёта устройства.

Силу сопротивления воздуха и изменение ускорения свободного падения не учитывайте.

$t, \text{с}$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
$P, \text{Вт}$	-45	-39	-34	-30	-25	-21	-15

**Возможное решение.**

- 1) Мощность силы тяжести может быть записана как:

$$P = mgv \cos\left(\frac{\pi}{2} + \alpha\right) = -mgv \sin \alpha, \quad (1)$$

где  $v$  – текущее значение скорости,  $\alpha$  – угол между вектором скорости и горизонтом.

- 2) Заметим, что

$$v \sin \alpha = v_y = v_0 \sin 30^\circ - gt, \quad (2)$$

следовательно

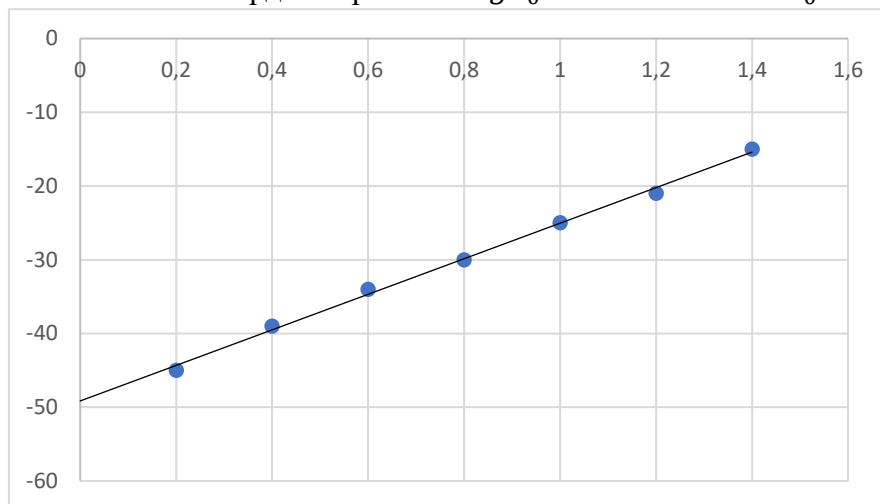
$$P = -mg(v_0 \sin 30^\circ - gt) = mg^2 t - mgv_0 \sin 30^\circ \quad (3)$$

- 3) Построим график зависимости  $P(t)$ .

- 4) Из графика видно, что зависимость, построенная по экспериментальным данным линейная. Угловой коэффициент этой прямой линии примерно равен 25 Вт/с. Откуда из уравнения (3) следует, что:

$$mg^2 = 25 \frac{\text{Вт}}{\text{с}} \Rightarrow g = 5 \text{ м/с}^2 \quad (4)$$

- 5) Продлим прямую линию до пересечения оси ординат. Из уравнения (3) следует, что значение на оси ординат равно  $-mgv_0 \sin 30^\circ = -50 \Rightarrow v_0 = 20 \text{ м/с}$ .



- 6) Зная начальную скорость и ускорение свободного падения получаем, что

$$t_{\text{пол}} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = 4 \text{ с}$$

$$L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \approx 70 \text{ м}$$

### Критерии оценивания.

1. Выписана формула для мощности (или её аналог)	1 балл
2. Замечено, что мощность прямо пропорциональна проекции скорости на вертикальную ось	1 балл
3. Выписана формула (2)	1 балл
4. Получена формула (3)	1 балл
5. Построен график зависимости $P(t)$	1 балл
6. Найден угловой коэффициент и постоянная $b$	1 балл
7. Найдено ускорение свободного падения на планете	1 балл
8. Найдена начальная скорость	1 балл
9. Найдено время полета	1 балл
10. Найдена дальность полета	1 балл

### Примечания к критериям.

- 1) Правильно решённая неавторским методом задача оценивается в 10 баллов.
- 2) В промежуточных пунктах критериев вычисления необязательны (балл ставится при наличии правильной формулы).
- 3) В пунктах критериев 9 и 10 ставится 0,5 балла за правильную формулу, 0,5 балла за правильный численный ответ.
- 4) Вместо графика участник может аналитически найти значения  $g$  и  $v_0$ . В этом случае оценка пп.5-10 зависит от количества проанализированных пар  $P(t)$ :
  - a) 1 пара 0,25 балла максимум за каждый из пп.5-10
  - b) 2 пары 0,5 балла максимум за каждый из пп.5-10
  - c) 3 пары 0,75 балла максимум за каждый из пп.5-10
  - d) 4 и более 1 балл максимум за каждый из пп.5-10

Это аргументируется наличием погрешности исходных экспериментальных данных. Именно с этим связана их избыточность, это участник должен понимать.