

**Импульс тела.
Закон сохранения
импульса**



Цели урока

- ▣ **ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ** Дать понятия: импульс тела, импульс силы, упругое и неупругое столкновение, сформулировать закон сохранения импульса
- ▣ **РАЗВИВАЮЩИЕ** прививать навыки исследования, делать выводы ,логически идти от простого к сложному
- ▣ **ВОСПИТАТЕЛЬНЫЕ** умение работать в группах, слышать мнение товарищей, отстаивать собственное мнение



Знать:

- ▣ **Формулировку закона сохранения импульса;**
- ▣ **Математическое выражение закона сохранения импульса;**
- ▣ **Применение закона сохранения импульса.**

Уметь:

- ▣ **Выводить закон сохранения импульса;**
- ▣ **Формулировать закон сохранения импульса;**
- ▣ **Применять закон сохранения импульса при решении задач.**



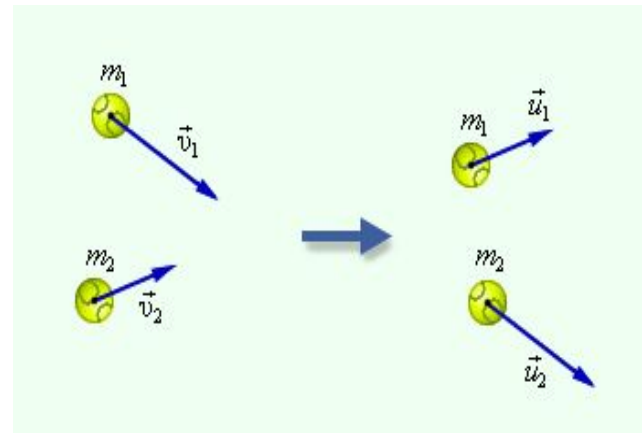
ФИЗИЧЕСКИЙ СЛОВАРИК

- **ИМПУЛЬС(ОТ ЛАТИНСКОГО impulsus – толчок к чему-либо, пробуждение, стремление, быстрый скачок)**

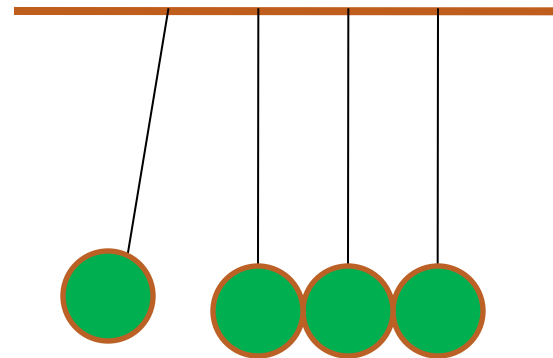
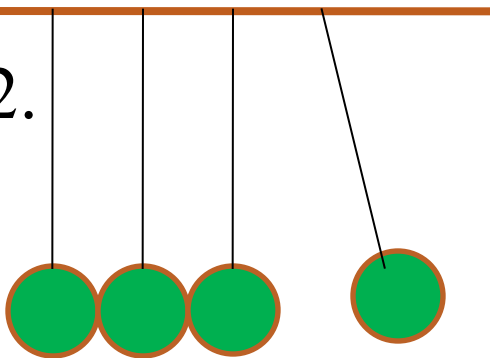


УПРУГИЙ УДАР

1. При упругом столкновении двух тел оба тела приобретают новые скорости



□ 2.





НЕУПРУГИЙ УДАР

- При неупругом ударе тела соединяются и после удара движутся вместе.
- (если тела движутся навстречу друг другу, то ставится «-», если одно тело догоняет другое, то ставится «+»)



СИЛА И СКОРОСТЬ

- ▣ Задача механики – описание движения тел, решается с помощью II з. Ньютона. Существуют случаи, когда силу невозможно измерить, например, **столкновения тел**.
- ▣ Тогда удобнее рассчитывать изменение скорости тел, т.к. сила вызывает изменение скорости. Движение тел до удара и после удара будем считать **равномерными**.



Постановка вопроса :

- Что такое импульс тела?
- Записать математическое выражение импульса тела.
- В каких единицах измеряется импульс тела?



Импульс тела

Определение :

Импульс – векторная физическая величина, равная произведению массы тела на его скорость.

$$\vec{p} = m \vec{v}.$$

(кг · м / с)

Направление импульса *совпадает* с направлением скорости.

Единица измерения импульса *кг·м/с*

Если тело покоится , то импульс равен нулю



Постановка вопроса :

- Что мы называем импульсом силы?
- Записать математическое выражение импульса силы.
- В каких единицах измеряется импульс силы?

Логическая схема «Вывод соотношения между импульсом силы и импульсом тела»

1. Из второго закона Ньютона

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (1)$$

2. Используем формулу ускорения

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \quad (2)$$

3. Подставляем формулу (1) в формулу (2)

$$\vec{F} = m \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \quad (3)$$

4. Раскрываем скобки и переносим время t в левую часть уравнения

5. Получаем соотношение между импульсом силы и импульсом тела

$$\begin{aligned} \vec{F} t &= \Delta \vec{p} \\ \vec{F} &= \frac{\Delta \vec{p}}{t} \end{aligned} \quad (4)$$



Определение

Импульсом силы называют произведение силы на время ее действия. Изменение импульса тела равно произведению силы на время ее действия:

$$\Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t \quad (\text{Н} \cdot \text{с})$$

ЗАДАЧА

- ▣ Шарик массой 100г, летящий со скоростью 20м/с, упруго ударяется о стенку и отскакивает от нее с такой же скоростью.

Найти *изменение* импульса шарика

Решение

$$\Delta p = p_2 - p_1 = mv - (-mv) = 2mv$$

$$\Delta p = 2 \cdot 0,1 \cdot 20 = \mathbf{4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}}$$

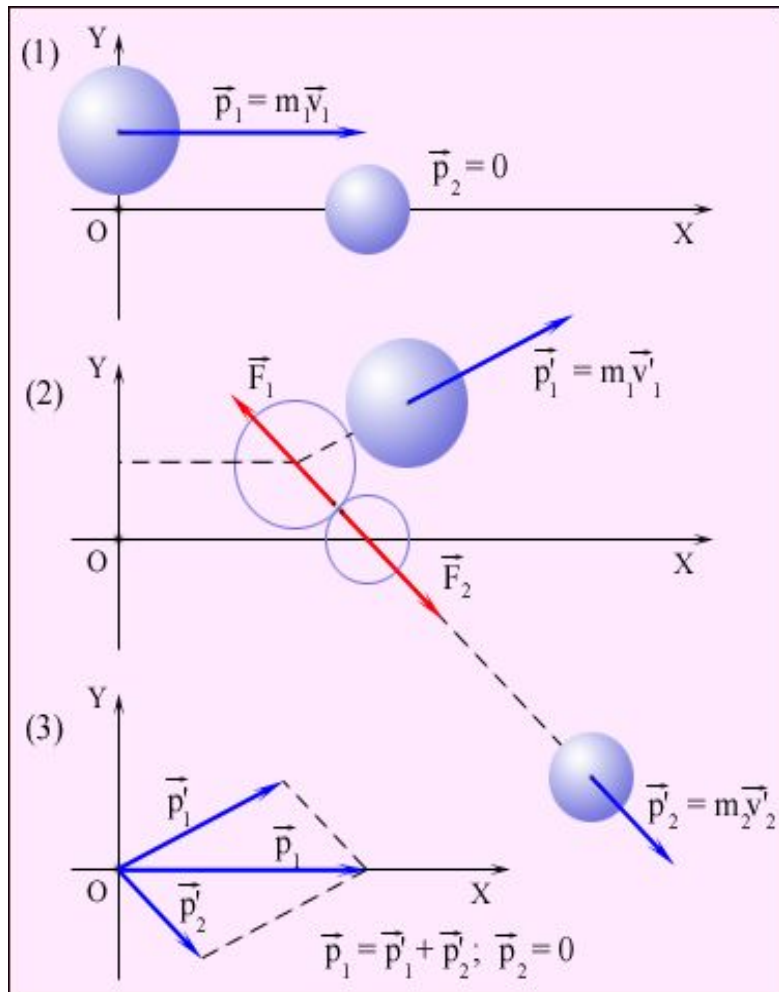
ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

- ▣ *Сумма импульсов тел до взаимодействия равна сумме импульсов тел после взаимодействия*

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$$

В задачах рассматривается система из двух тел, внешние силы отсутствуют
(*замкнутая система*)

Закон сохранения импульса



$$\vec{F}_2 = -\vec{F}_1, \quad \vec{F}_2^t = -\vec{F}_1^t.$$

$$\vec{F}_1^t = m_1 \vec{v}_1' - m_1 \vec{v}_1; \quad \vec{F}_2^t = m_2 \vec{v}_2' - m_2 \vec{v}_2,$$

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2'.$$

В замкнутой системе векторная сумма импульсов всех тел, входящих в систему, остается постоянной при любых взаимодействиях тел этой системы между собой.

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

РЕАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

Схема реактивного двигателя

Схема ракетного двигателя

Схема реактивного двигателя

Схема реактивного двигателя

СХЕМА ПРЯМОТОЧНОГО ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ

1200 м/с

600 м/с

0,1 МПа

0,3

0,5

0,45

0,1

Ракета

Турбореактивный двигатель

Турбореактивный двигатель

© 2000

Издательство «Мир»

Москва, М. 119

Издательство «Мир»

Москва, М. 119

Издательство «Мир»

Москва, М. 119

ПРИМЕРЫ ПРОЯВЛЕНИЯ ЗСИ

- ▣ Следствием закона сохранения импульса является реактивное движение.
- ▣ Для осуществления реактивного движения не требуется взаимодействия с внешними телами.

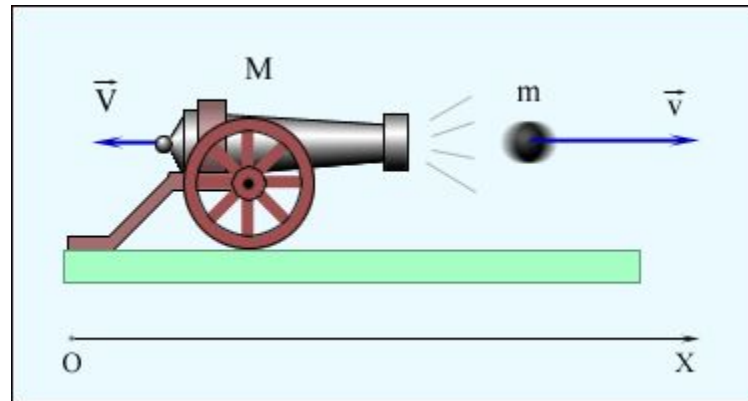


Применение закона сохранения импульса

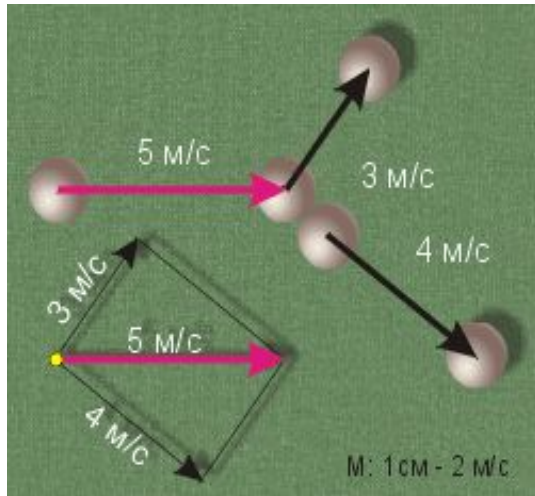
импульса

При стрельбе из орудия возникает отдача – снаряд движется вперед, а орудие – откатывается назад. Снаряд и орудие – два взаимодействующих тела.

$$MV + mv = 0; \quad V = -\frac{m}{M}v.$$



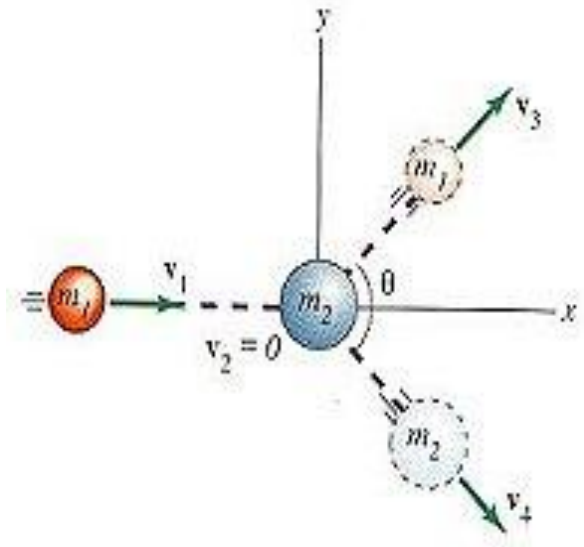
Пример задачи:



- Рассмотрим два взаимодействующих тела, например, бильярдные шары. Запишем для них формулу третьего закона Ньютона
- $F_1 = -F_2$
- и выведенную нами формулу:
- $F_{1*\Delta} t = m_{1v1} - m_{1v01}$ и
- $F_{2*\Delta} t = m_{2v2} - m_{2v02}$
- Подставив два последних равенства в формулу третьего закона Ньютона и проведя преобразования, получим: $m_2 v_{01} + m_2 v_{02} = m_1 v_1 + m_2 v_2$
- Это утверждение называют **законом сохранения импульса**: *сумма импульсов тел до взаимодействия равна сумме их импульсов после взаимодействия.* Однако закон справедлив лишь в том случае, если рассматриваемые тела взаимодействуют только друг с другом.
- Быстро летящие бильярдные шары можно приблизительно считать взаимодействующими только друг с другом. Поэтому на чертеже выполняется векторное равенство: $5 \text{ м/с} = 3 \text{ м/с} + 4 \text{ м/с}$

Частные случаи закона сохранения импульса

- ▣ **Ударные взаимодействия.** Система тел незамкнута, но в течение короткого времени (во время удара) в ней развиваются силы взаимодействия, значительно превышающие внешние силы. На это время систему тел можно считать замкнутой, пренебречь внешними силами и применить закон сохранения импульса.
Сохранение компонент импульса. Система тел незамкнута, но суммарная проекция внешних сил на некоторое направление равна нулю. В этом случае проекция полного импульса системы на данное направление остается неизменной при любых взаимодействиях тел.
Например, если сумма всех внешних сил по оси X равна нулю, то изменение проекции всех импульсов частей системы на ось X также равна нулю.



ОБРАЗЕЦ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Дано:

Решение

$$m_1 = 130 \text{ т}$$

$$v_1 = 2 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 0$$

$$m_2 = 1170 \text{ т}$$

$$m_3 = m_1 + m_2$$

$$v = ?$$

До взаимодействия (рис. 52, а).
После взаимодействия (рис. 52, б).
По закону сохранения импульса проекции вектора полного импульса системы из тепловоза и состава на ось координат, направленную по вектору скорости, до и после сцепления одинаковы:

$$m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x} = m_3 v_{3x}$$

Найдем эти проекции: $m_1 v_{1x} = m_1 v_1$; $m_2 v_{2x} = 0$;

$$m_3 v_{3x} = m_3 v_3.$$

Следовательно, $m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v_3$,

$$\text{отсюда } v_3 = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2};$$

$$v_3 = \frac{1,3 \cdot 10^5 \text{ кг} \cdot 2 \text{ м/с}}{1,17 \cdot 10^6 \text{ кг} + 1,3 \cdot 10^5 \text{ кг}} = 0,2 \text{ м/с}.$$

Ответ: скорость тепловоза и состава после сцепления равна 0,2 м/с.

Тепловоз массой 130 т приближается со скоростью 2 м/с к неподвижному составу массой 1170 т. С какой скоростью будет двигаться состав после сцепления с тепловозом?

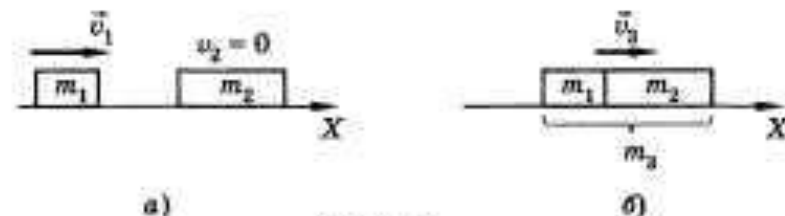


Рис. 52

Циолковский Константин Эдуардович (1857–1935)



Русский ученый и изобретатель, основоположник современной космонавтики. Труды в области аэро- и ракетодинамики, теории самолета и дирижабля.

РЕАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ

— движение тела при отделении от него некоторой массы

$$0 = m_1v_1 - m_2v_2 \quad \text{или} \quad m_1v_1 = m_2v_2$$

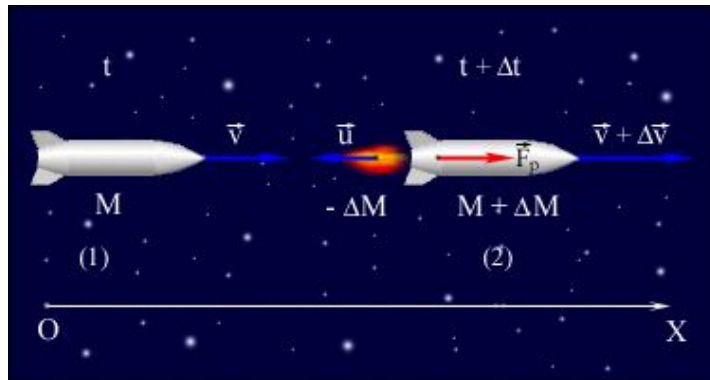
Например: а) выстрел из ружья

б) полет ракеты

? Зачем нужно прижимать приклад ружья к плечу в момент выстрела?

Применение закона сохранения импульса

На принципе отдачи основано **реактивное движение**. В **ракете** при сгорании топлива газы, нагретые до высокой температуры, выбрасываются из сопла с большой скоростью относительно ракеты.



$$v = u \ln \left(\frac{M_0}{M} \right),$$

ЗАКРЕПЛЕНИЕ МАТЕРИАЛА

- У какого тела модуль импульса больше: у спокойно идущего слона или летящей пули
- Сформулируйте закон сохранения импульса. Что называется импульсом тела, импульсом силы? Как связаны между собой эти физические величины?
- Каким максимальным импульсом можете обладать вы?
- Приведите примеры, когда вы передавали часть своего импульса другим телам

ЗАДАЧА

- ▣ *Летящая пуля массой 10г ударяется в брусок массой 390г и застревает в нем. Найти скорость бруска, если скорость пули 200м/с.*

ЗАДАЧА

▣ Дано:

$$m_1 = 10\text{Г}$$

$$m_2 = 390\text{Г}$$

$$v_1 = 200\text{М/с}$$

$$v_2 = 0$$

u - ?

СИ

$$0,01\text{кг}$$

$$0,39\text{кг}$$

Решение

ЗСИ для неупругого удара

$$m_1 v_1 \pm m_2 v_2 = (m_1 + m_2) u$$

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) u$$

$$u = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

$$u = \frac{0,01 \times 200}{0,39 + 0,01} = \frac{2}{0,4} = \underline{5\text{М/с}}$$

ТЕСТ

- *Импульсом тела называют величину равную*
 - А) произведению массы тела на силу;
 - Б) отношению массы тела к его скорости
 - В) произведению массы тела на его скорость.
 - Г) произведение массы на ускорение

- *Импульс тела всегда направлен*
 - А) перпендикулярно скорости
 - Б) сонаправлен скорости
 - В) противоположен скорости
 - Г) совпадает с ускорением

2. Если на тело не действует сила, то импульс тела

- А) не изменяется
- Б) увеличивается
- В) уменьшается
- Г) равен нулю

2. Если на тело действует сила, то импульс тела:

- А) не изменяется
- Б) только увеличивается
- В) только уменьшается
- Г) может и

ТЕСТ

3. Когда ступень ракеты отделяется от космического корабля, она получает некоторый импульс p_0 . Какой импульс p получает при этом космический корабль?

- А) $p = p_0$ Б) $p < p_0$
В) $p > p_0$ Г) $p = 0$

3. При выстреле из ружья пуля получает импульс p_1 , а ружьё за счет отдачи приобретает импульс p_2 . Сравните импульсы обоих тел

- А) $p_1 > p_2$ Б) $p_1 < p_2$
В) $p_1 = p_2$ Г) $p_1 = p_2 = 0$

4. Мяч массой m брошен вверх с начальной скоростью v . Каково изменение импульса мяча за время движения от начала до возвращения в исходную точку?

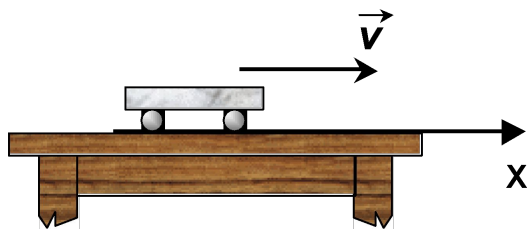
- А) mv Б) $-mv$ В) $2mv$
Г) 0

4. Два автомобиля с одинаковой массой m движутся со скоростями v и $2v$ относительно Земли. Чему равен модуль импульса второго автомобиля относительно первого?

- А) $3mv$ Б) $2mv$ В) mv Г) 0

Вопрос №5

1 вариант



Тележка массой $0,1$ кг движется равномерно по столу со скоростью 5 м/с, так как изображено на рисунке. Чему равен её импульс и как направлен вектор импульса?

- 1) $0,5$ кг·м/с, вправо
- 2) $0,5$ кг·м/с, влево
- 3) $5,0$ кг·м/с, вправо
- 4) 50 кг·м/с, влево
- 5) 50 кг·м/с, вправо

2 вариант

Автомобиль массой 1 тонна, движется прямолинейно со скоростью 20 м/с. Импульс автомобиля равен...

- 1) $0,5 \cdot 10^3$ кг·м/с
- 2) $1 \cdot 10^4$ кг·м/с
- 3) $2 \cdot 10^4$ кг·м/с
- 4) 20 кг·м/с
- 5) 50 кг·м/с

Вопрос №6

1 вариант

Материальная точка массой 1 кг двигалась по прямой и под действием силы в 20 Н изменила свою скорость на 40 м/с . За какое время это произошло?

- 1) $0,5 \text{ с}$
- 2) 5 с
- 3) 2 с
- 4) $0,2 \text{ с}$
- 5) 20 с

2 вариант

Автомобиль, первоначально двигавшийся со скоростью 20 м/с , после выключения двигателя остановился через 3 секунды . Сила сопротивления, действовавшая на автомобиль при торможении равна 6000 Н . Масса автомобиля...

- 1) 600 кг
- 2) 700 кг
- 3) 800 кг
- 4) 900 кг
- 5) 1000 кг

Вопрос №7

1 вариант

Теннисный мяч массой m , двигаясь вправо по оси ОХ, упруго ударяется о бетонную стенку, имея перед ударом скорость v . Определите направление и модуль изменения импульса мяча.

- 1) влево, mv
- 2) влево, $2mv$
- 3) вправо, mv
- 4) вправо, $2mv$
- 5) остановится, 0

2 вариант

Шар из пластилина массой m , двигаясь влево по оси ОХ, ударяется о бетонную стенку, имея перед ударом скорость v . Определите направление и модуль изменения импульса мяча.

- 1) влево, mv
- 2) влево, $2mv$
- 3) **остановится**, mv
- 4) вправо, $2mv$
- 5) импульс не изменится

УСТАНОВИТЬ СООТВЕТСТВИЕ

Тело брошено вертикально вверх. Как будут изменяться импульс, скорость и ускорение?

Тело брошено вертикально вниз. Как будут изменяться импульс, скорость и ускорение?

Физические величины	Их изменение
А) импульс	• не изменится
Б) скорость	
В) ускорение	• увеличится
	• уменьшится

Физические величины	Их изменение
А) импульс	• не изменится
Б) скорость	
В) ускорение	• увеличится
	• уменьшится