

**Взаємодія тіл. Імпульс. Закон збереження імпульсу**

449. Дві однакові більярдні кулі масами  $m$  рухаються з однаковими швидкостями  $v$  назустріч одна одній. Чому дорівнює значення імпульсу однієї кулі відносно іншої?
450. Човен рухається за течією річки. Коли він пропливав під мостом в нього поклали вантаж. Як вплине це на швидкість та на імпульс човна?
451. Надуйте дитячу гумову кульку  $i$ , не зав'язуючи отвору, відпустіть. Як буде себе вести кулька? Чому?
452. Чому куля, яка вилетіла з гвинтівки, не розбиває віконне скло, а залишає в ньому маленький отвір, тоді як кинута рукою куля розбиває скло на уламки?
453. Чому людина може бігти по тонкій кризі і не може стояти на ній, не провалившись?
454. Хлопчик, який пливе озером на човні, що завантажений камінням, втратив весло. Як йому дістатись до берега, не торкаючись руками води?
455. Чому під час пострілу гвинтівку рекомендується міцно притиснути до плеча?
456. Досвідчений гравець, щоб спіймати м'яч, трохи подається назад разом з м'ячем. Навіщо він це робить?
457. Чому склянка розбивається, коли падає на підлогу, і не розбивається, коли падає на м'який килим?
458. Чому скляний чи фарфоровий посуд під час транспортування обмотують папером?
459. Чому людина під час стрибання з висоти, доторкнувшись до землі, присідає? Чому не рекомендується стрибати на прямі ноги?
460. Визначити імпульс автомобіля масою 5 т, який рухається з швидкістю 10 м/с.
461. З якою швидкістю повинна летіти хокейна шайба масою 160 г, щоб її імпульс дорівнював імпульсу кулі масою 8 г, що рухається з швидкістю 600 м/с?
462. Імпульс кулі масою  $m$  дорівнює  $2p$ , а імпульс кулі масою  $2m$  дорівнює  $p$ . У скільки разів відрізняються швидкості руху кульок.
463. Середня сила під час віддачі гвинтівки становить  $3 \cdot 10^2$  Н. Визначити імпульс цієї сили, якщо час руху кулі в дулі гвинтівки 10 мс.

464. Середня швидкість руху снаряда у стволі гармати 600 м/с. Визначити масу снаряда, якщо середня сила тиску порохових газів становить  $3 \cdot 10^5$  Н, а час руху у стволі дорівнює  $5 \cdot 10^{-3}$  с.
465. Рух матеріальної точки описується рівнянням  $x = 20 + 2t - t^2$ . Приймавши її масу рівною 2 кг, визначити імпульс матеріальної точки через 1 с і 5 с після початку руху. Знайти значення і напрямки сили, яка викликала цю зміну.
466. З гармати масою 5 т вилітає в горизонтальному напрямі снаряд масою 20 кг із швидкістю 800 м/с. Визначити початкову швидкість, з якою відкочується гармата.
467. Маса гармати з ядром 848 кг. Гармата вистрілює ядро масою 48 кг з початковою швидкістю 200 м/с під кутом  $60^\circ$  до горизонту. Визначити швидкість відкочування гармати.
468. Хлопчик масою 40 кг, що біжить із швидкістю 14,4 км/год, наздоганяє візок масою 80 кг, що рухається із швидкістю 3,6 км/год, і стрибає на нього. З якою швидкістю рухатиметься візок з хлопчиком?
469. Дві непружні кулі масами 6 кг і 4 кг рухаються зі швидкостями 8 м/с і 3 м/с відповідно, спрямованими уздовж однієї прямої. З якою швидкістю вони будуть рухатися після абсолютно непружного зіткнення, якщо перша наздоганяє другу? якщо кулі рухаються назустріч одна одній?
470. Візок з піском масою 8 кг рухається горизонтальною поверхнею рівномірно зі швидкістю 1 м/с. Назустріч візку рухається порожній візок масою 2 кг зі швидкістю 7 м/с. В який бік і з якою швидкістю покотяться візки після зчеплення?
471. Ядро, що летіло в горизонтальному напрямку з швидкістю 20 м/с, розірвалося на два осколки, маси яких 10 кг і 5 кг. Менший осколок продовжував летіти в тому ж напрямку, що й усе ядро до розриву, зі швидкістю 30 м/с. Визначити швидкість і напрям руху більшого осколка.
472. Два тіла, рухаючись назустріч одне одному з швидкістю 10 м/с кожне, після абсолютно непружного зіткнення почали рухатися разом зі швидкістю 5 м/с у напрямі руху першого тіла. Знайти відношення мас цих тіл  $m_1/m_2$ .
473. Горизонтальними рейками зі швидкістю 5 м/с рухається за інерцією платформа масою 200 кг. На неї вертикально падає камінь масою 50 кг і рухається разом з платформою. Якою стане

швидкість платформи? Через деякий час в платформі відкривається люк, і камінь провалюється вниз. З якою швидкістю рухається після цього платформа? Сили тертя не враховувати.

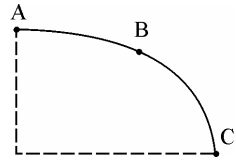
474. Ракета, що має разом із зарядом масу 0,25 кг, злітає вертикально вгору і досягає висоти 180 м. Маса заряду 0,05 кг. Визначити швидкість витікання газів з ракети, вважаючи, що згорання заряду відбувається миттєво.
475. Від двоступеневої ракети, яка рухалася зі швидкістю 2 км/с, відокремився перший ступінь, маса якого становила третину маси ракети. З якою швидкістю продовжив рухатися другий ступінь ракети, якщо швидкість руху першого ступеня після відокремлення дорівнює 800 м/с відносно Землі і має той же напрям, що і ракета?
476. Людина масою 80 кг, яка стоїть на кінці візка завдовжки 3 м переходить на інший кінець візка. Визначити масу візка, якщо його переміщення під час руху людини становить 1 м. Силами тертя знехтувати.
477. В озері на нерухомому човні стоїть рибак, маса якого 60 кг. Якою буде швидкість руху човна відносно дна, якщо рибак почне рухатися зі швидкістю 1 м/с відносно човна? Маса човна 90 кг.
478. Тенісний м'яч, маса якого 50 г, налітає уздовж перпендикуляра на стінку зі швидкістю 30 м/с і відлітає з такою ж швидкістю. Визначити силу, з якою стінка діє на м'яч і силу дії м'яча на стінку, якщо удар тривав 0,2 с.

### ***Застосування законів збереження енергії й імпульсу в механічних явищах***

479. Як зміниться кінетична енергія вантажного автомобіля, який рухається рівномірно, якщо...  
...за незмінної швидкості з його кузова випаде кілька цеглин?  
...за незмінної швидкості він підніметься гірською дорогою на висоту  $h$ ?  
...він почне гальмувати?
480. З висоти  $h$  кидають з однаковою швидкістю три м'ячі: перший – вертикально вгору, другий – вертикально вниз, третій – у горизонтальному напрямку. Який з м'ячів упаде на Землю з найбільшою швидкістю?

481. Траєкторія руху м'яча, кинутого горизонтально, зображена на малюнку 92. У якій з точок А, В чи С траєкторії найбільше значення має...

- ...кінетична енергія м'яча?
- ...потенціальна енергія м'яча?
- ...імпульс м'яча?
- ...повна механічна енергія м'яча?

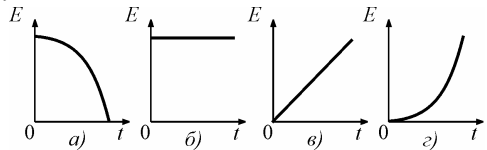


Мал. 92

482. Людина стрибає з вишки у басейн з водою. На якому з графіків (мал. 93) відображено залежність від часу...

- а) ...потенціальної енергії?
- б) ...кінетичної енергії?
- в) ...повної механічної енергії?

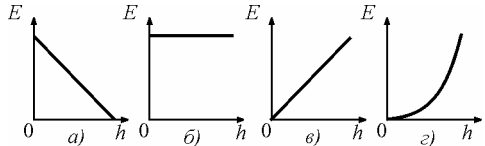
483. Людина стрибає з вишки у басейн з водою. На якому з графіків (мал. 94) відображено залежність від висоти...



Мал. 93

- а) ...потенціальної енергії?
- б) ...кінетичної енергії?
- в) ...повної механічної енергії?

484. За рахунок якої енергії піднімається аеростат, спливають повітряні бульбашки у воді, адже потенціальна енергія аеростата і бульбашок повітря зростає?



Мал. 94

485. Під час стиснення пружини на 10 см її потенціальна енергія змінилася на 25 Дж. Яка жорсткість пружини?

486. Визначити деформацію пружини жорсткістю 1 кН/м, якщо її потенціальна енергія 0,2 Дж.

487. Потенціальна енергія пружини при силі розтягу 200 Н становить 5 Дж. Визначити деформацію пружини.

488. Після стрибка з трампліна лижник приземлився на горизонтальній ділянці, покритій снігом, з швидкістю 90 км/год. Знайти масу лижника, якщо його кінетична енергія в момент приземлення 12,5 кДж.

489. На яку висоту підніметься камінець масою 20 г, випущений з рогатки, маючи на поверхні Землі кінетичну енергію 6 Дж?

490. Тіло масою 300 г вільно падає з висоти 10 м. Знайти його кінетичну енергію в момент падіння на землю.
491. М'яч кинули вертикально вгору з швидкістю 6 м/с. На якій висоті його потенціальна енергія вдвічі менша за кінетичну?
492. Камінь масою 2 кг кидають вертикально вгору з початковою швидкістю 20 м/с. Яка початкова кінетична енергія каменя? Яка потенціальна енергія каменя на максимальній висоті? Яке значення максимальної висоти підйому? Яка швидкість каменя на половині максимальної висоти?
493. З якою швидкістю слід кинути м'яч з висоти 3 м, щоб після відбивання від поверхні асфальту він піднявся на висоту 8 м. Удар м'яча об асфальт вважати абсолютно пружним.
494. Коли спускову пружину іграшкового пістолета стиснули на 5 см, то кулька масою 20 г при вильоті набула швидкості 2 м/с. Визначити жорсткість пружини.
495. Пружинна рушниця вистрілює кульку вертикально вгору на висоту 45 см, якщо пружина стиснута на 1 см. Яка початкова швидкість польоту кульки? На яку висоту піднімається кулька, якщо цю пружину стиснути на 3 см?
496. Санки з хлопчиком загальною масою 60 кг починають рухатися з гори, висота якої 20 м. Швидкість санок біля підніжжя становить 10 м/с. Визначити роботу сил опору.
497. Хокейна шайба масою 160 г, що летить зі швидкістю 20 м/с, влетіла у ворота і ударила в сітку, яка при цьому прогнулася на 6,4 см. Яка максимальна сила, з якою шайба подіяла на сітку? Вважати, що сила пружності сітки змінюється в залежності від її прогину за законом Гука.
498. Під час падіння молота масою 100 кг на деталь, розміщену на масивному ковадлі, діє сила 10 кН протягом 0,1 с. З якої висоти впав молот, якщо удар непружний?
499. Від удару копра масою 500 кг, що вільно падає з деякої висоти, паля занурюється в ґрунт на 10 см. Визначити силу опору ґрунту, вважаючи її постійною, якщо швидкість копра перед ударом дорівнює 10 м/с. Масою палі знехтувати.
500. Тіло, початкова швидкість якого 14 м/с, падає з висоти 240 м і заглиблюється в пісок на 0,2 м. Визначити середню силу опору піску. Опір повітря не враховувати. Маса тіла 1 кг.
501. Санки, маса яких 8 кг, з'їхали з гори заввишки 5 м і зупинилися на горизонтальній ділянці. Яку мінімальну роботу необхідно

виконати хлопчику, щоб витягти санки на гору по тій же траєкторії?

502. Тягар масою 1 кг падає без початкової швидкості на вертикально розташовану невагому пружину жорсткістю 500 Н/м, внаслідок чого її максимальна деформація становить 10 см. З якої висоти упав тягар?
503. Куля, маса якої 3 кг, рухається зі швидкістю 1,2 м/с і зазнає непружного центрального удару з нерухомою кулею масою 1,8 кг. Визначити кількість теплоти, що виділилася під час удару куль.

$Q = ?$

$$\begin{array}{l} m_1 = 3 \text{ кг} \\ v_1 = 1,2 \text{ м/с} \\ m_2 = 1,8 \text{ кг} \end{array}$$

*Розв'язання*

Закон збереження імпульсу під час непружної взаємодії куль в проекції на горизонтальну вісь запишеться:

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v_2.$$

$$\text{Звідси } v_2 = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2} = \frac{3 \text{ кг} \cdot 1,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{3 \text{ кг} + 1,8 \text{ кг}} = 0,75 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

У вигляді тепла виділиться різниця кінетичних енергій куль до і після взаємодії.

$$Q = \frac{m_1 v_1^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2) v_2^2}{2}.$$

Після підстановки отримаємо:

$$Q = \frac{3 \text{ кг} \cdot 1,44 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2} - \frac{4,8 \text{ кг} \cdot 0,5625 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2} = 0,81 \text{ Дж}.$$

504. Візок масою 50 кг рухається зі швидкістю 2 м/с по гладенькій горизонтальній поверхні. На візок з висоти 20 см падає вантаж масою 50 кг і залишається на ньому. Визначити кількість теплоти, що виділилася при цьому.
505. Куля масою 10 г, що летить горизонтально зі швидкістю 300 м/с, ударяє в підвішений на нитках дерев'яний брусок масою 6 кг і застряє в ньому. Визначити висоту, на яку підніметься брусок.
506. Куля, що летіла горизонтально, потрапляє в мішок з піском, який висить на мотузці, і застряє в ньому. Відхилившись, мішок піднімається на висоту 8 мм над положенням рівноваги. Знайти швидкість кулі до попадання в мішок. Маса кулі 10 г, маса мішка 4 кг.

507. Пробірка масою 100 г в якій міститься краплина ефіру підвішена на невагомому стрижні довжиною 45 см і закрита корком масою 10 г. При підігріванні пробірки корок вилітає так, що пробірка відхиляється на кут  $90^{\circ}$ . Визначити швидкість вильоту корка.
508. Ковзаняр масою 60 кг відштовхує від себе іншого ковзаняра масою 40 кг так, що той починає рухатись зі швидкістю 6 м/с. На якій відстані один від одного перебуватимуть ковзанярі після зупинки, якщо коефіцієнт тертя ковзання по льоду 0,02?
509. Кінетична енергія тіла дорівнює 16 Дж, а імпульс 8 кг·м/с. Визначити масу та швидкість руху тіла.

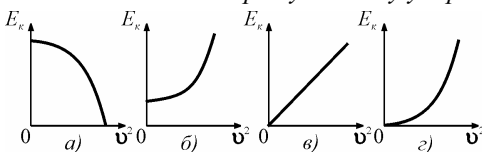
## Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю

### Рівень А (початковий)

- Сили, які характеризують взаємодію тіл системи між собою, називають  
а) ...внутрішніми; б) ...гравітаційними; в) ...зовнішніми.
- Одиницею вимірювання потенціальної енергії є...  
а) ... $1 \text{ Н}\cdot\text{с}$ ; б) ... $1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}^2$ ; в) ... $1 \text{ Дж}$ ; г) ... $1 \text{ м}/\text{с}^2$ .
- Енергію, «сховану» в ядрах атомів відносять до...  
а) ...механічної; б) ...ядерної; в) ...електромагнітної.

### Рівень В (середній)

- В нерухому кульку вдаряється така ж кулька, яка рухається з деякою швидкістю. Під час якого удару: пружного чи непружного перша кулька набуде більшої швидкості?  
а) пружного; б) непружного; в) швидкість однакова при будь-якому ударі.
- Який графік (мал. 1) відображає залежність кінетичної енергії тіла від квадрата швидкості його руху?



Мал. 1

- Під час удару по м'ячу з силою  $500 \text{ Н}$  його імпульс змінився на  $10 \text{ кг}\cdot\text{м}/\text{с}$ . Скільки часу тривав удар?

### Рівень С (достатній)

- Куля рухається з швидкістю  $6 \text{ м}/\text{с}$  назустріч іншій кулі удвічі більшої маси, що рухається з швидкістю  $4 \text{ м}/\text{с}$ . Визначити швидкість куль після абсолютно непружного удару.
- Тіло кинуте вертикально вгору із швидкістю  $10 \text{ м}/\text{с}$ . На якій висоті потенціальна енергія тіла в три рази менша за кінетичну?

### Рівень D (високий)

- Людина масою  $70 \text{ кг}$  переходить з носа на корму човна масою  $130 \text{ кг}$ . Яка довжина човна, якщо він змістився на  $1,4 \text{ м}$  відносно берега?
- У мішку з піском масою  $1 \text{ кг}$ , що висить на легкому підвісі завдовжки  $10 \text{ м}$ , застряє кулька масою  $10 \text{ г}$ , яка летіла горизонтально зі швидкістю  $1010 \text{ м}/\text{с}$ . Визначити кут, на який відхилиться підвіс від вертикалі.



**Рівень А (початковий)**

1. а 2. в 3. б

**Рівень В (середній)**

1. а 2. в

3.

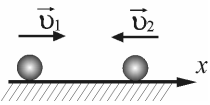
*Розв'язання*

|   |   |
|---|---|
| $t - ?$<br><hr/> $F = 500 \text{ Н}$<br>$\Delta p = 10 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ | Зміна імпульсу дорівнює імпульсу сили: $\Delta p = F \cdot t$ .<br>Звідси $t = \frac{\Delta p}{F}$ . Після підстановки значень<br>$t = \frac{10 \text{ кг} \cdot \text{м/с}}{500 \text{ Н}} = 0,02 \text{ с}$ . |
|---|---|

**Рівень С (достатній)**

1.

*Розв'язання*

|  |   |
|--|---|
| $v - ?$<br><hr/> $v_1 = 6 \text{ м/с}$<br>$m_2 = 2 m_1$<br>$v_2 = 4,5 \text{ м/с}$ |  |
|--|---|

Для взаємодіючих куль справджується закон збереження імпульсу. Удар непружний, тому

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

Вісь  $Ox$  спрямуємо вправо, в напрямку руху першої кулі.

Тоді закон збереження імпульсу в проекції на вісь запишеться:  $m_1 v_1 - m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$ .

$$\text{Звідси } v = \frac{m_1(v_1 - 2v_2)}{3m_1} = \frac{v_1 - 2v_2}{3} = \frac{6 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 2 \cdot 4,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{3} = -1 \text{ м/с}.$$

Знак [-] означає, що проекція швидкості від'ємна, отже кулі після взаємодії рухатимуться ліворуч.

*Розв'язання*

2.

На поверхні Землі тіло має кінетичну енергію  $E_{к0} = \frac{m v_0^2}{2}$ .

|  |  |
|--|--|
| $h - ?$<br><hr/> $v_0 = 10 \text{ м/с}$<br>$E_{к1} = 3 E_{п1}$ | Застосуємо закон збереження енергії для двох положень тіла: на поверхні Землі і на висоті $h$ . $E_{п0} + E_{к0} = E_{п1} + E_{к1}$ . На поверхні землі $E_{п0} = 0$ . Тоді закон збереження енергії набуде вигляду $E_{к0} = 4E_{п1}$ , або $\frac{m v_0^2}{2} = 4mgh$ . Звідси |
|--|--|

$$h = \frac{v_0^2}{8g} = \frac{100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{8 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1,25 \text{ м}.$$

## Рівень D (високий)

1.

$h - ?$

$$\begin{aligned} m_1 &= 70 \text{ кг} \\ m_2 &= 130 \text{ кг} \\ s &= 1,4 \text{ м} \end{aligned}$$

### Розв'язання

Силою опору води можна знехтувати, тому вважатимемо систему човен-людина замкненою. Застосуємо для цієї системи тіл закон збереження імпульсу відносно системи відліку, пов'язаної з берегом. За додатній напрям приймемо рух човна. Початковий імпульс системи дорівнює нулю. Нехай хлопчик і човен рухалися час  $t$ . Тоді швидкість човна

$$v_2 = \frac{s}{t}. \text{ Якщо човен змістився відносно берега на відстань } s,$$

то хлопчик змістився в протилежному напрямку на відстань  $l - s$ . Його швидкість  $v_1 = \frac{l - s}{t}$ .

Згідно закону збереження імпульсу  $0 = -m_1 v_1 + m_2 v_2$ .

Підставивши вирази для швидкостей, отримаємо:

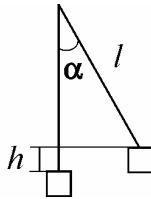
$$m_1(l - s) = m_2 s. \text{ Звідси } l = \frac{s(m_1 + m_2)}{m_1}.$$

$$\text{значень } l = \frac{1,4 \text{ м} \cdot (70 \text{ кг} + 130 \text{ кг})}{70 \text{ кг}} = 4 \text{ м}.$$

2.

$\alpha - ?$

$$\begin{aligned} m_1 &= 10 \text{ г} \\ m_2 &= 1 \text{ кг} \\ l &= 10 \text{ м} \\ v_1 &= 1010 \text{ м/с} \end{aligned}$$



### Розв'язання

Згідно закону збереження імпульсу для непружної взаємодії:  $m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v$ .

Звідси швидкість мішка з кулею

$$v = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2} = \frac{0,01 \text{ кг} \cdot 1010 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{0,01 \text{ кг} + 1 \text{ кг}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Згідно закону збереження енергії

$$(m_1 + m_2) \frac{v^2}{2} = (m_1 + m_2) gh. \text{ Звідси } h = \frac{v^2}{2g} = \frac{100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 5 \text{ м}.$$

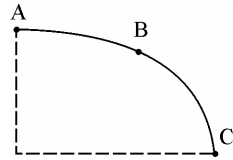
$$\text{З прямокутного трикутника } \cos \alpha = \frac{l - h}{l} = \frac{10 \text{ м} - 5 \text{ м}}{10 \text{ м}} = 0,5.$$

$$\alpha = 60^\circ.$$

## **Завдання для тематичного контролю(для самостійного розв'язку)**

### **Рівень А (початковий)**

1. Кінетична енергія тіла прямо пропорційна...
  - а) ...до швидкості його руху;
  - б) ...до квадрату швидкості його руху;
  - в) ...до квадрату його координати;
  - г) ...до його висоти над поверхнею Землі.
2. Імпульс позначають символом...
  - а) ... $F$ ;
  - б) ... $E$ ;
  - в) ... $p$ ;
  - г) ... $m$ .
3. Світ планет, зір, галактик відносять до...
  - а) ...мікросвіту;
  - б) ...макросвіту;
  - в) ...мегасвіту.



Мал. 1

### **Рівень В (середній)**

1. Яке співвідношення між потенціальними енергіями кожного кубічного метра води у витощі і гирлі річки?
  - а) потенціальна енергія більша у витощі річки;
  - б) потенціальна енергія більша у гирлі річки;
  - в) потенціальні енергії однакові.
2. На малюнку 1 зображено траєкторію руху м'яча, кинутого під кутом до горизонту. У якій точці, з відмічених на малюнку, імпульс м'яча має найбільше значення?
  - а) у точці А;
  - б) у точці В;
  - в) у точці С;
  - г) імпульс у всіх точках однаковий.
3. Кінетична енергія лижника масою 80 кг після спуску з гори становить 4000 Дж. Визначити швидкість руху лижника.

### **Рівень С (достатній)**

1. Тепловоз масою 100 т, рухаючись зі швидкістю 3 м/с, наздоганяє нерухомий потяг масою 1100 т. З якою швидкістю вони будуть рухатися після зчеплення?
2. Камінь масою 500 г кинули вертикально вгору з поверхні Землі, надавши йому швидкості 20 м/с. Визначити максимальну висоту підйому та максимальне значення потенціальної енергії каменя.

### **Рівень D (високий)**

1. З танка масою 3 т, який рухається з швидкістю 5 м/с, стріляють у напрямку руху під кутом  $30^\circ$  до горизонту. Якою стала швидкість руху танка, якщо маса снаряда 10 кг, а його швидкість в момент вильоту з ствола 100 м/с?
2. Два тіла, маси яких 1 кг і 4 кг, рухаються одне назустріч одному уздовж однієї прямої. До удару швидкості тіл однакові і дорівнюють 5 м/с. Яка кількість енергії системи перейде у внутрішню енергію в результаті абсолютно непружного зіткнення тіл?

