К-28 (історія)

Близькодія – безпосереднє взаємодія при дотику, одне з тіл штовхає або тягне інше (проміжне тіло)
$t \neq 0$ (скінченний час)
швидкість обмежена $v \leq c$
$c = 300000 \frac{км}{с}$

Далекодія – тіла віддалені одне від другого на макроскопічні відстані
$t = 0$ (миттєво)
швидкість необмежена $v = \infty$

Зміна взаємодії передається

За сучасними уявленнями – всі взаємодії між тілами в природі передаються за допомогою поля – особливої форми матерії, відмінної від речовини і існуючій одночасно з нею в просторі, що оточує речовину.

Поле є носієм певного типу взаємодії (гравітаційна, електромагнітна, ядерна), яка передається із скінченною швидкістю за схемою: тіло – поле – тіло

Гравітаційна взаємодія (взаємне притягання між тілами, що мають масу) – здійснюється через гравітаційне поле (відіграє важливу роль в будові і динаміці астрономічних систем, для мікросвіту істотного значення не має

Властивості гравітаційного поля:

1. „створюється" тілами (існує разом з ними)
2. діє на тіла з певною силою $\left(F = \gamma \frac{m_1 m_2}{R^2};\ \vec{F} = m \cdot \vec{G}\right)$
3. здатне виконувати роботу $(A = -(\Pi_2 - \Pi_1))$ – володіє енергією $\left(\Pi = -\gamma \frac{m_1 m_2}{R}\right)$.

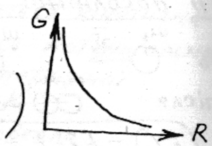
Гравітаційне поле – стаціонарне – якщо створюється нерухомими тілами

Характеристики поля.

$\vec{G} = \frac{\vec{F}}{m_n}$ – Напруженість гравітаційного поля (силова характеристика)
($\vec{G} = \vec{F}$ що діє з боку поля на тіло $m_n = 1$ кг)

$G = \left[\frac{м}{с^2}\right]$ вектори $\vec{G}$ і $\vec{F}$ – співнапрямлені

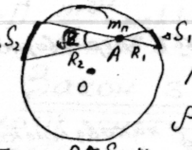
Для точкового заряда (тіла) – $G = \gamma \frac{m}{R^2}$ $\left(G = \frac{F}{m_n} = \frac{\gamma \frac{m \cdot m_n}{R^2}}{m_n} = \gamma \frac{m}{R^2}\right)$



Принцип суперпозиції полів

при накладанні декількох полів їх напруженості в кожній точці додаються геометрично $\vec{G} = \vec{G}_1 + \vec{G}_2 + \ldots$

Гравітаційне поле сфери – m $\rho = \frac{m}{S}$ – маса одиниці поверхні



$\Omega = \frac{\Delta S_{1n}}{R_1^2} = \frac{\Delta S_{2n}}{R_2^2}$ – тілесний кут...

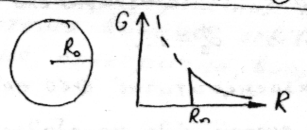
$F_1 = \gamma \frac{\rho \cdot \Delta S_{1n} m_n}{R_1^2}$ – сила, що діє на тіло A з боку першої площадки ΔS_1

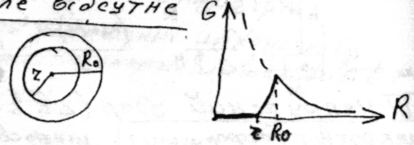
$\rho \Delta S_1$ – маса ділянки сфери ΔS_1

$F_2 = \gamma \frac{\rho \Delta S_{2n} m_n}{R_2^2}$ – сила що діє на тіло A з боку ΔS_2

$F_1 = \gamma \rho \Omega m_n$ $F_2 = \gamma \rho \Omega m_n$ $\rightarrow$ $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ $\rightarrow$ дія ділянок ΔS_1 і ΔS_2 компенсується, так само компенсується і дія інших ділянок сфери на тіло A.

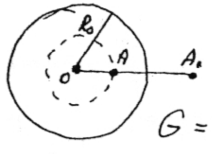
В середині сфери на тіло не діє сила, тобто напруженість гравітаційного поля $\vec{G} = 0$ – поле відсутнє





К-29

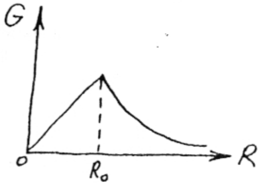
Гравітаційне поле кулі (маса розподілена рівномірно ρ – густина R_0 – радіус)



в т. A_1 $(R > R_0)$ $G = \gamma \frac{M}{R^2}$

в т. A $(R < R_0)$

$G = \gamma \frac{m_{0A}}{R^2} = \gamma \frac{\rho \cdot V_{0A}}{R^2} = \gamma \frac{\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{R^2} = \frac{4}{3}\pi \rho \gamma R$



Робота гравітаційного поля

$$A = -(\Pi_2 - \Pi_1) = -\left[\left(-\gamma \frac{M \cdot m_n}{R_2}\right) - \left(-\gamma \frac{M \cdot m_n}{R_1}\right)\right]$$

$\Pi = -\gamma \frac{M \cdot m_n}{R}$ – потенціальна енергія тіла масою m_n в гравітаційному полі тіла масою M (потенціальна енергія взаємодії тіл M і m на відстані R)
при $R = \infty$ потенціальна енергія прийнята рівною нулю.

φ – потенціал – енергетична характеристика гравіт. поля. (скаляр)

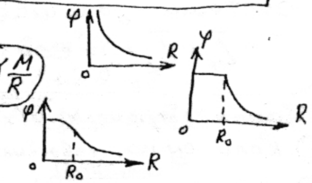
$\varphi = \frac{\Pi_n}{m_n}$ – потенціал гравітаційного поля
($\varphi = \Pi$ тіла $m_n = 1$ кг в даній точці поля)

$\vec{G}$ і φ не залежать від маси пробного тіла m_n, а є функцією тільки координат точок гравітаційного поля

Для точкового тіла $\varphi = -\gamma \frac{M}{R}$

Для сфери радіуса R_0 при $R > R_0$ $\varphi = -\gamma \frac{M}{R}$

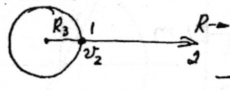
Для кулі радіуса R_0 при $R > R_0$ $\varphi = -\gamma \frac{M}{R}$



Робота гравітац. поля $A = -m_n \Delta\varphi = m_n(\varphi_1 - \varphi_2)$

I космічна швидкість (рух по колу) $m \frac{v^2}{R} = \gamma \frac{M \cdot m}{R^2}$. $v_1 = \sqrt{\gamma \frac{M}{R^2} \cdot R} = \sqrt{g \cdot R} = 7{,}9 \frac{км}{с}$

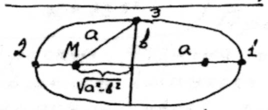
II космічна швидкість (вийти з поля тяжіння Землі) (параболічна)
$\Pi_\infty = 0$ $K_\infty = 0$



$\Pi_1 + K_1 = 0$ з-н збер. енергії

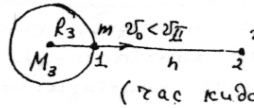
$-\gamma \frac{M \cdot m}{R} + \frac{m v_2^2}{2} = 0$ $v_2 = \sqrt{2\gamma \frac{M}{R} \cdot \frac{R}{R}} = \sqrt{2gR} = \sqrt{2} \cdot v_1 = 11{,}2 \frac{км}{с}$

Рух планет (ШС)



$\Pi_1 + K_1 = \Pi_2 + K_2 = \Pi_3 + K_3$ з-н збер. енергії

Кидання тіл



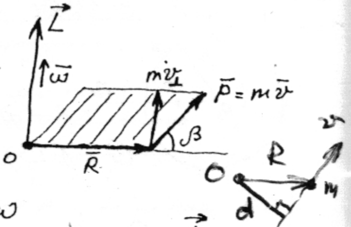
$\frac{m v_0^2}{2} - \gamma \frac{m M_3}{R_3} = -\gamma \frac{m M_3}{(R_3 + h)} \rightarrow h = \ldots$

(час кидання визначають користуючись III з-ном Кеплера)

K-30 $\vec{L}$ – момент імпульсу тіла {вектор, величина адитивна}

$$\boxed{\begin{aligned}&\vec{L}=[\vec{R}\cdot\vec{p}]=m[\vec{R}\cdot\vec{v}]\\&L=mRv\sin\beta=m v d\\&\beta=(\widehat{\vec{R}\vec{p}})=(\widehat{\vec{R}\vec{v}})\end{aligned}}$$

$\vec{L}$ – момент імпульсу тіла відносно точки О (момент кількості руху, кутовий момент), d – плече імпульсу



$$\left.\begin{aligned}&L=mRv\sin\beta\\&v_\perp=v\cdot\sin\beta\\&v_\perp=\omega R\end{aligned}\right\}\quad L=mRv_\perp=mR\omega R=mR^2\omega=J\cdot\omega$$

$$\boxed{\vec{L}=J\cdot\vec{\omega}}$$ – момент імпульсу тіла $\vec{L}$ за напрямом співпадає з $\vec{\omega}$

З основного рівняння динаміки обертального руху

$$\vec{M}=J\cdot\vec{\beta}=J\frac{\vec{\omega}-\vec{\omega}_0}{\Delta t}=\frac{J\vec{\omega}-J\vec{\omega}_0}{\Delta t}=\frac{\vec{L}-\vec{L}_0}{\Delta t}=\frac{\Delta\vec{L}}{\Delta t}$$

$$\boxed{\vec{M}=\frac{\Delta\vec{L}}{\Delta t}}\quad\text{або}\quad\boxed{\vec{M}\cdot\Delta t=\Delta\vec{L}}\qquad\boxed{\vec{M}\cdot\Delta t}$$ – імпульс моменту сили

Зміна моменту імпульсу тіла $\Delta\vec{L}$ (при незмінному моменті інерції тіла J) може відбуватись тільки внаслідок зміни кутової швидкості і завжди зумовлена дією моменту $\vec{M}$ сил.

Закон збереження моменту імпульсу відносно будь-якої точки

В ІСВ векторна сума моментів імпульсів тіл замкнутої системи залишається постійною (зберігається напрям осі обертання)

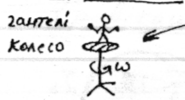
$$\vec{L}_1+\vec{L}_2+\ldots=const\quad\text{або}\quad\vec{L}_1+\vec{L}_2=\vec{L}_1'+\vec{L}_2'\quad\text{або}\quad J_1\vec{\omega}_1+J_2\vec{\omega}_2=J_1\vec{\omega}_1'+J_2\vec{\omega}_2'$$

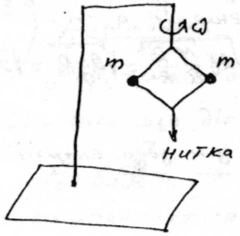
Закон збереження моменту імпульсу для незамкнутих систем виконується:

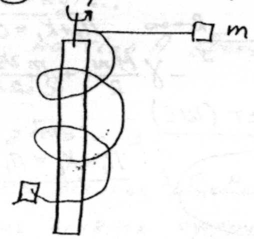
① коли сума (моментів) зовнішніх сил, діючих на тіло (систему) дорівнює нулю

② момент сили діючої на тіло відносно даної точки дорівнює нулю (центральні сили).

Приклади: ① сонячна система ② Земля – Місяць відносно Сонця ③ лава Жуковського ④ фігуристи, гімнасти... ⑤ рамка з тягарцями ⑥ стержень і тіло на нитці

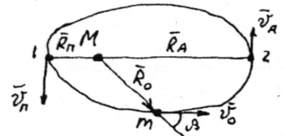






K-31 Застосування закона збереж. моменту імпульса

Рух планет (ШС) (закон збереж. момента імпульса і енергії)

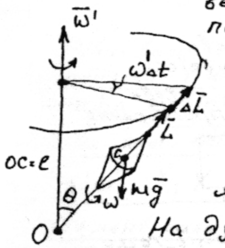


$$\left.\begin{aligned}&R_0\, m\, v_0\sin\beta=R_{1,2}\cdot m\cdot v_{1,2}\\&\frac{m v_0^2}{2}-\gamma\frac{M\cdot m}{R_0}=\frac{m v_{1,2}^2}{2}-\gamma\frac{M\cdot m}{R_{1,2}}\end{aligned}\right\}\quad\begin{aligned}&R_{1,2}=\ldots\\&v_{1,2}=\ldots\end{aligned}$$

Закон зміни моменту імпульса

$$\boxed{\Delta\vec{L}=\vec{M}\cdot\Delta t}$$ – момент імпульса $\vec{L}$ тіла (системи) може мінятись тільки під дією момента зовнішніх сил (справедливо і для НІСВ, але треба врахувати моменти сил інерції)

Прецесія – рух дзиги – при якому її вісь описує конус навколо вертикалі з деякою кутовою швидкістю ω' – цей рух пояснюється законом зміни момента імпульса



Відносно т. О момент імпульсу $\vec{L}$ прецесуючої дзиги є векторною сумою $\vec{L}_\omega$ – моменту імпульса дзиги відносно власної осі і $\vec{L}'$ – моменту імпульса дзиги зумовленого прецесією $\vec{L}=\vec{L}_\omega+\vec{L}'$ де $L_\omega=J\cdot\omega$

якщо $\omega\gg\omega'$ $L_\omega\gg L'$ тоді $L=L_\omega=J\cdot\omega$

На дзигу діє момент сили тяжіння $m\vec{g}$ (зовнішня сила)

тоді з $\Delta\vec{L}=\vec{M}\Delta t$ → напрями $\Delta\vec{L}$ і $\vec{M}$ співпадають

але $\vec{M}\perp\vec{L}$ → $\Delta\vec{L}\perp\vec{L}$ → вектор $\vec{L}$ буде повертатись разом з $\vec{M}$ навколо вертикальної осі – дзига прецесує

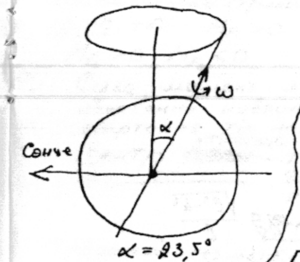
З малюнку імпульс момента $\Delta L=L\cdot\sin\theta\cdot\omega'\Delta t=J\cdot\omega\cdot\sin\theta\cdot\omega'\Delta t$

сили тяжіння $\vec{M}\cdot\Delta t=mg\cdot l\sin\theta\cdot\Delta t$

З закону зміни моменту імпульса $\Delta L=M\cdot\Delta t$ → $J\omega\sin\theta\,\omega'\Delta t=mg\cdot l\sin\theta\cdot\Delta t$

$$\omega'=\frac{mgl}{J\omega}$$ – кутова швидкість прецесії дзиги (гіроскопа)

Земля прецесує – це пояснюється наявністю момента сили всесвітнього тяжіння, що діє на Землю з боку Сонця, відносно Сонця (Земля не сфера)



Період прецесії Землі $T\approx 26\,000$ років

Гіроскоп – масивне симетричне тіло, що обертається з великою кутовою швидкістю, навколо своєї осі симетрії (дзига, планети, снаряди, ротори турбін...)

Гіроскоп – складова частина авіагоризонта, автопілота, системи наведення ракет тощо.

Гіроскоп підвішений у кардановому підвісі – вільний гіроскоп. Фізична основа його властивостей – прояв закона збереження моменту імпульса. Основна властивість – вільний гіроскоп зберігає напрям своєї осі обертання.

Гіроскопічний ефект – виникнення гіроскопічних сил при вимушеному обертанні осі гіроскопа – використовують в гірокомпасах, в гіроскопічних заспокоювачах качки кораблів, гіроскопічних стабілізаторах тощо.

К-32 Закони збереження енергії, імпульса і момента імпульса тісно пов'язані з основними властивостями простору і часу

Основа закона збереження:
- енергії – однорідність часу (рівнозначність всіх моментів часу).
- імпульсу – однорідність простору (однаковість властивостей простору у всіх точках)
- моменту імпульса – ізотропія простору (однаковість властивостей простору по всіх напрямах).

Закони збереження отримані з законів Ньютона, але вони більш загальні ніж закони Ньютона (залишаються справедливими, навіть тоді, коли з-ни Н. порушуються). Закони збереження строго виконуються і в релятивістській області.

Аналогія між величинами що характеризують рух

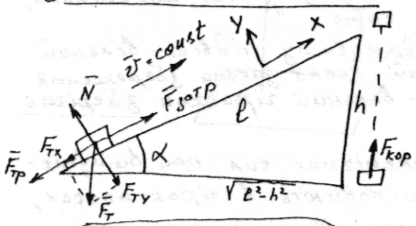
Поступальний		Обертальний
x – координата	–	φ – кут
$\bar{v} = \frac{x_2 - x_1}{\Delta t} = \frac{\Delta \bar{x}}{\Delta t} = \bar{x}'$ – швидкість	–	$\bar{\omega} = \frac{\Delta \bar{\varphi}}{\Delta t} = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\Delta t} = \varphi'$ – кутова швидкість
$\bar{a} = \frac{\bar{v} - \bar{v}_0}{\Delta t} = \frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t} = \bar{v}' = \bar{x}''$ – прискорення	–	$\bar{\beta} = \frac{\bar{\omega} - \bar{\omega}_0}{\Delta t} = \frac{\Delta \bar{\omega}}{\Delta t} = \bar{\omega}' = \bar{\varphi}''$ кутове прискорення
$\boxed{x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}}$	р-ня руху	$\boxed{\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\beta t^2}{2}}$
$\boxed{2aS = v^2 - v_0^2}$		$\boxed{2\beta\Delta\varphi = \omega^2 - \omega_0^2}$
m – маса (інертна)	–	$J = mR^2$ момент інерції точки ($J = J_0 + mR^2$ – теорема Штейнера)
$\bar{F}$ – сила	–	$\bar{M} = [\bar{R}\cdot\bar{F}]$ – момент сил
$\boxed{\bar{F} = m\bar{a}}$ $\boxed{\bar{F}\Delta t = \Delta\bar{p}}$	осн. закон	$\boxed{\bar{M} = \bar{\beta} J}$ $\bar{M}\Delta t = \Delta\bar{L}$
$\bar{p} = m\bar{v}$ імпульс тіла	–	$\bar{L} = [\bar{R}\cdot\bar{p}]$ – момент імпульса тіла; $\bar{L} = J\cdot\bar{\omega}$
$\boxed{\bar{p} = const}$ $\sum m\bar{v} = const$	З-н збереження; ІСВ, ізольована	$\boxed{\bar{L} = const}$ $\sum J\cdot\bar{\omega} = const$
1. $\sum \bar{F}_{зовн} = 0$; 2. $\sum F_{x.зовн} = 0$; 3. $\Delta t \to 0$ $F_{зовн} \ll F_{внутр}$	неізольована	1. $\sum \bar{M}_{зовн} = 0$; 2. для точки відносно якої $M_{зовн} = 0$
$K_{пост.} = \frac{mv^2}{2}$	кінетична енергія	$K_{об} = \frac{J\omega^2}{2}$

$$K = \frac{mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}$$

η – К.К.Д. (коефіцієнт корисної дії)

$$\boxed{\eta = \frac{A_{кор.}}{A_{затр.}} = \frac{N_{кор.}}{N_{затр.}}}$$ – К.К.Д. – дорівнює відношенню корисної роботи до затраченої

η – похилої площини



$OY: \ N = F_{TY} = mg\cos\alpha = mg\frac{\sqrt{l^2-h^2}}{l}$

$OX: \ F_{затр} = F_{Tx} + F_{тр} = mg\sin\alpha + \mu mg\cos\alpha = mg\left(\frac{h}{l} + \mu\frac{\sqrt{l^2-h^2}}{l}\right)$

$A_{затр.} = F_{затр}\cdot l = mg\left(h + \mu\sqrt{l^2-h^2}\right)$

$A_{кор} = F_{кор.}\cdot h = mgh$

$$\sin\alpha = \frac{h}{l},\quad \cos\alpha = \frac{\sqrt{l^2-h^2}}{l},\quad tg\alpha = \frac{h}{\sqrt{l^2-h^2}},\quad ctg\alpha = \frac{\sqrt{l^2-h^2}}{h}$$

$$\eta = \frac{mgh}{mg\left(h + \mu\sqrt{l^2-h^2}\right)} = \frac{1}{1 + \mu\frac{\sqrt{l^2-h^2}}{h}} = \frac{1}{1 + \mu\cdot ctg\alpha}$$

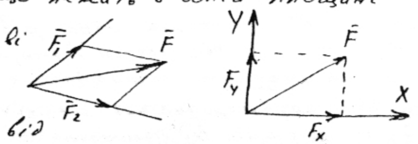
К-33 ~~Статика~~ Статика – вивчає умови рівноваги тіл

Рівновагою тіла називають такий стан, коли будь-які прискорення тіла (лінійне – a, кутове – β) рівні нулю. При цьому тіло може перебувати у спокої, рухатись рівномірно або рівномірно обертатись.

Умова рівноваги матеріальної точки – геометрична сума всіх зовнішніх сил прикладених до точки дорівнює нулю

$$\sum \bar{F}_{зовн} = 0 \quad \text{або} \quad \sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum F_z = 0$$

1. Точку прикладання сили можна переносити вздовж лінії її дії
2. Сили додаються за правилом паралелограма
3. Дві сили під кутом не зрівноважуються
4. Три сили зрівноважуються, якщо лежать в одній площині і утворюють трикутник.
5. Розкладання сили F на складові по заданим напрямам



Рівновага Т.Т. залежить не тільки від модулей і напрямів сил, але і від точок їх прикладання

Умова рівноваги Т.Т. ① $\sum \bar{F} = 0$ ② $\sum \bar{M} = 0$ сума моментів всіх зовнішніх сил, відносно будь якої осі, що проходить через будь яку точку O, рівна нулю.

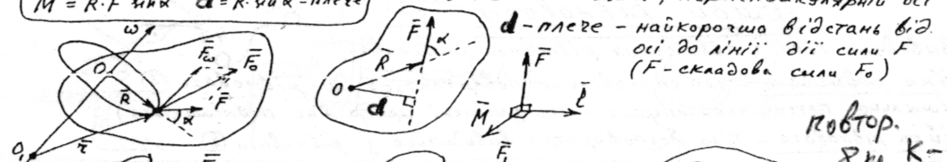
Осі X, Y, Z і точку O вибирають довільно (з міркувань зручності)

Момент сили відносно осі – векторний добуток радіус вектора сили $\bar{R}$ відносно осі на складову цієї сили $\bar{F}$, розташовану в площині, перпендикулярній осі

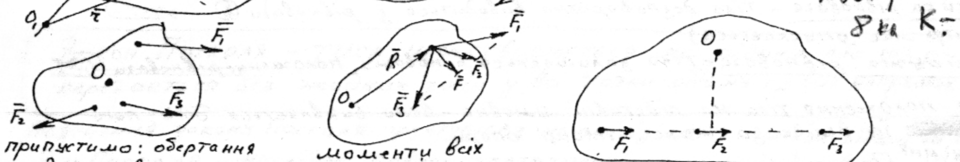
$\bar{M} = [\bar{R}\cdot\bar{F}]$ $\quad M = d\cdot F$

$M = R\cdot F\sin\alpha$ $\quad d = R\cdot\sin\alpha$ – плече

d – плече – найкоротша відстань від осі до лінії дії сили F (F – складова сили F_0)



повтор. 8 кл К-11



припустимо: обертання за годинниковою стрілкою $\omega > 0$ тоді: $M_{F_1} > 0$, $M_{F_2} > 0$, $M_{F_3} < 0$

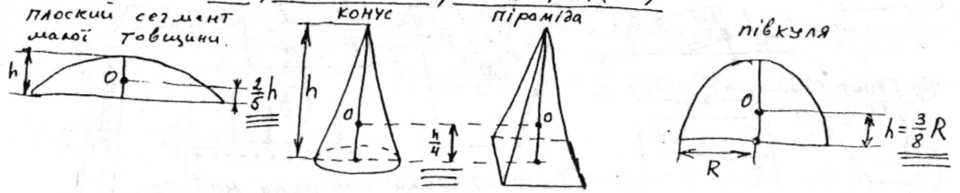
моменти всіх сил однакові відносно осі O.

$F_1 = F_2 = F_3$ моменти всіх сил відносно осі O рівні

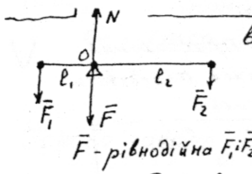
Сила, момент якої відносно даної осі рівний нулю, не викликає обертання навколо цієї осі. Приклад: сила тяжіння не викликає обертання тіл навколо осей проведених через центр ~~мас~~ (тяжіння).

Центр ~~мас~~ тяжіння – точка до якої прикладена рівнодійна всіх сил тяжіння діючих на окремі малі об'єми тіла. (В однорідному полі тяжіння центр тяжін. співпадає з центром інерції (мас)).

Центри мас однорідних тіл. (Т.О)



Додавання паралельних сил (важіль першого роду)



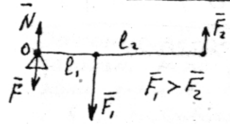
$\bar{F}$ - рівнодійна $\bar{F}_1 \bar{F}_2$

відносно осі O $\bar{M}_1 + \bar{M}_2 = 0$ $-F_1 \cdot \ell_1 + F_2 \cdot \ell_2 = 0$ $F_1 \cdot \ell_1 = F_2 \cdot \ell_2$

$\boxed{\dfrac{F_1}{F_2} = \dfrac{\ell_2}{\ell_1}}$ $\boxed{\bar{F} = \bar{F}_1 + \bar{F}_2}$

① $F = F_1 + F_2$
② F співнаправлена з F_1 і F_2
③ точка прикладання...

Додавання антипаралельних сил (важіль 2-го роду)



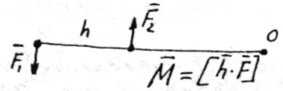
відносно осі O $\bar{M}_1 + \bar{M}_2 = 0$ $F_1 \ell_1 - F_2 \ell_2 = 0$ $F_1 \cdot \ell_1 = F_2 \cdot \ell_2$

$\bar{F}_1 > \bar{F}_2$ $\boxed{\dfrac{F_1}{F_2} = \dfrac{\ell_2}{\ell_1}}$ $\boxed{\bar{F} = \bar{F}_1 + \bar{F}_2}$

① $F = F_1 - F_2$
② F співнаправлена з F_1 $(F_1 > F_2)$
③ точка прикладання...

Пара сил - система двох рівних за модулем і протилежно направлених сил

① пара сил не має рівнодійної
② пара сил характеризується моментом сил, який не залежить від положення осі обертання

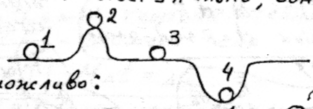


$\bar{M} = [\bar{h} \cdot \bar{F}]$

Умови руху т.т - переносячи сили у напрямі їх дії, проводять їх додавання, яке можна звести до сили $\bar{F}$, прикладеної до центра мас і пари сил:

① якщо є тільки $\bar{F}$ - то тіло рухається поступально
② якщо є тільки пара сил - то тіло обертається навколо осі, що проходить через центр мас і ⊥ площині пари сил.
③ якщо є і сила $\bar{F}$ і пара сил - тіло рухається поступально, одночасно обертаючись (вісь як і в ②)

Види рівноваги



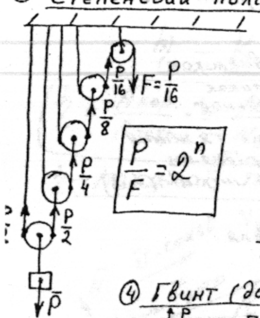
При виведені тіла з положення рівноваги можливо:

I **Стійка рівновага** - тіло самовільно повертається до рівноваги ④ (мінімальна потенціальна енергія - при зміщені центр мас піднімається)
II **Нестійка рівновага** - тіло безповоротно виводиться з рівноваги ② (центр мас опускається)
III **Байдужа рівновага** - тіло залишається в новому положенні рівноваги (1,3)

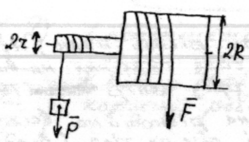
Стійке положення тіла на підставці умовне - воно виявляється доти, поки сила ~~[illegible]~~ тяжіння не вийде за межі площі опори

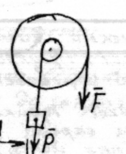
Прості механізми - виграш у силі

① Степеневий поліспаст ② Ворот (вертикальний ворот - кобестан)



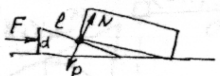
$\boxed{\dfrac{P}{F} = 2^n}$





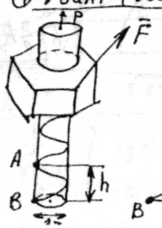
$\boxed{\dfrac{P}{F} = \dfrac{R}{r}}$

③ Клин



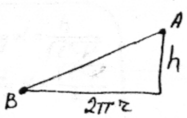
$\boxed{\dfrac{P}{F} = \dfrac{\ell}{d}}$

④ Гвинт (домкрат, прес)

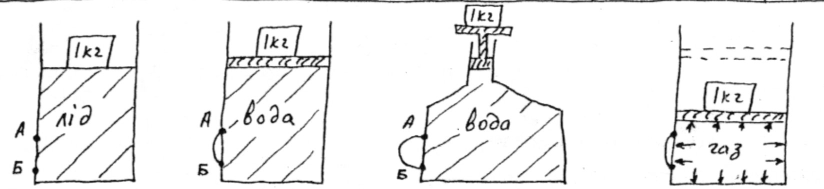


$\boxed{\dfrac{P}{F} = \dfrac{2\pi R}{h}}$

Гвинт - похила площина навита на вісь.



К-ЗЗ	Форма	Об'єм	... молекул	Густина	Рух молекул	Сили взаємодії молекул
Тверді тіла	зберігає	зберігає	кристалічна решітка (впритул)	$\sim 10^3 \frac{кг}{м^3}$	коливання повороти	дуже великі
Рідини	(текучі) ~~зберігає~~ форма посудини	зберігає	хаотичне (впритул)	$\sim 10^3 \frac{кг}{м^3}$	коливально-поступальний	великі
Гази	не зберігає (леткі)	не зберігає	хаотичне $d > (5 \div 10) d_0$	$\sim 1 \frac{кг}{м^3}$	поступальний $v \sim 10^3 м/с$	незначні



Зовнішню дію на межу рідини чи газу характеризують не вектором сили $\bar{F}$, а створеним цією силою тиском p (скаляр)

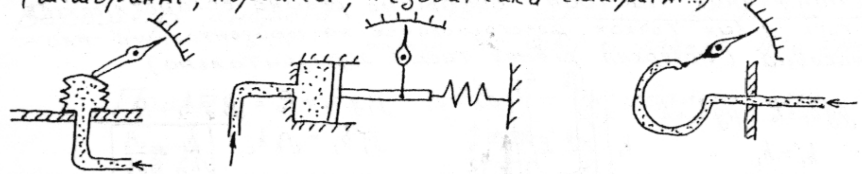
$\boxed{p = \dfrac{F}{S}}$ - тиск - відношення модуля нормальної складової вектора сили F до площі ділянки поверхні S

$p = [1 \frac{Н}{м^2} = 1 Па]$ (паскаль)

одиниці тиску:

$\boxed{1 \text{ атм} = 101{,}3 \text{ кПа} = 1{,}013 \text{ бар} = 1{,}033 \text{ ат} = 760 \text{ тор} = 760 \text{ мм.рт.ст.}}$

Вимірювання тиску - манометр = датчик тиску + покажчик (мембранні, поршневі, п'єзодатчики-електричні...)



Закон Паскаля - тиск, що створюється на рідину або газ, передається без жодних змін у всі точки об'єму і у всіх напрямах

Пояснення закону Паскаля ґрунтується на аналізі руху молекул рідини чи газу

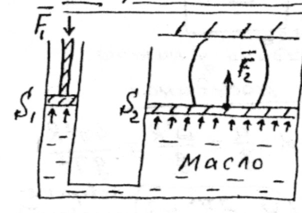
З-н Паскаля - наслідок повної хаотичності руху молекул в однорідних рідинах чи газах

Порушення однорідності - порушення закону

Зауваження: з формулювання закону Паскаля зовсім не випливає висновок про те, що тиск у всіх точках нерухомого об'єму рідини чи газу однаковий

Внутрішній тиск у рідині чи газі - скалярна величина, що визначається густиною ~~[illegible]~~ їх енергії (Підвищення температури газу веде до збільшення енергії руху молекул і пропорційного зростання густини енергії і тиску газу).

Гідравлічний прес ($\eta \approx 100\%$) (пресування і штамповка виробів)

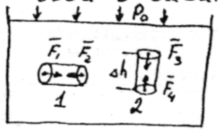


$p_1 = p_2 \rightarrow \dfrac{F_1}{S_1} = \dfrac{F_2}{S_2} \rightarrow \boxed{F_2 = F_1 \dfrac{S_2}{S_1}}$ - виграш у силі

Гідравлічні домкрат, кран, підйомник, гідравлічна система гальмування...

К-36 Рідина в однорідному полі тяжіння.

Вільна поверхня рідини займає у нерухомій посудині горизонтальне положення ($\perp \vec{g}$) (теслярський рівень, поверхня води в океані викривлена по формі Землі).



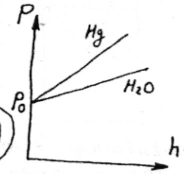
Рідина у рівновазі

1-циліндр $F_1 = F_2 \rightarrow \boxed{P_1 = P_2}$ – тиск у всіх точках на горизонталі в однорідній рідині однаковий

2-циліндр $F_4 = F_3 + mg = F_3 + \rho V g$

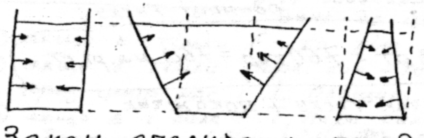
$F_4 - F_3 = P_4 \Delta S - P_3 \Delta S = \rho g V = \rho g \Delta S \Delta h$

$\boxed{\Delta P = \rho g \Delta h}$ – різниця тисків у двох точках на одній вертикалі

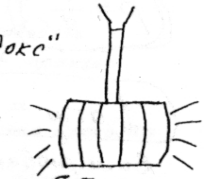


Гідростатичний тиск – тиск у рідині зумовлений її вагою (не залежить від напряму) $P = \rho g h$

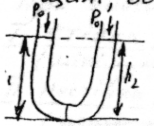
Сила дії на дно посудини – $F = P \cdot S = \rho g h S$ визначається лише площею дна і висотою рівня рідини, не залежить від маси рідини – „гідростатичний парадокс"



Сила тиску на дно різних посудин (при $S_1 = S_2 = S_3$) однакова – це пояснюється дією стінок посудин на рідину

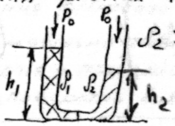


Закон сполучених посудин – однорідна рідина встановлюється так, що тиск у всіх точках, розташованих на горизонтальній площині, однаковий (поверхня рівних тисків горизонтальна).



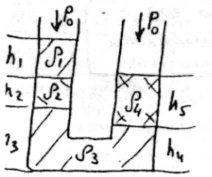
$\rho g h_1 + P_0 = \rho g h_2 + P_0$

$h_1 = h_2$



$\rho_2 > \rho_1$ $\rho_1 g h_1 + P_0 = \rho_2 g h_2 + P_0$

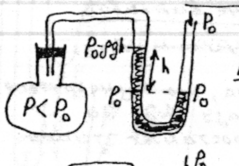
$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$ $\boxed{\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}}$



якщо рідини різні – тоді для довільного спільного рівня нижньої рідини

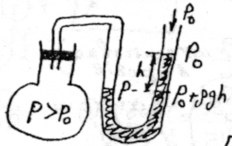
$\rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 + \rho_3 g h_3 + P_0 = \rho_3 g h_4 + \rho_4 g h_5 + P_0$

Рідинний манометр



$p + \rho g h = P_0$

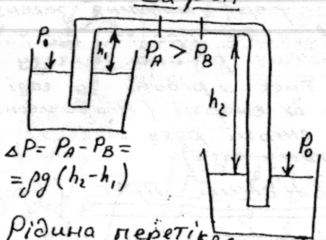
$P = P_0 - \rho g h$



$P_0 + \rho g h = P$

$P = P_0 + \rho g h$

Сифон

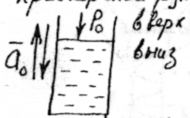


$\Delta P = P_A - P_B = \rho g (h_2 - h_1)$

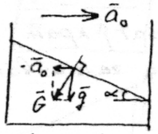
Рідина перетікає з верхньої посудини у нижню.

Поверхня рідини у рухомих посудинах

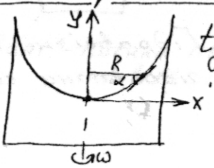
прискорений рух вверх / вниз



$P = P_0 + \rho h (g \pm a)$



$tg\alpha = \frac{a_0}{g}$



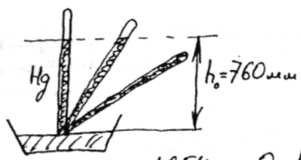
$tg\alpha = \frac{a}{g} = \frac{\omega^2 R}{g} = \frac{4\pi^2 R}{g T^2}$

$y = \frac{2\pi^2}{g T^2} x^2$ – поверхня – параболоїд обертання

К-37 Атмосфера – газова оболонка, що оточує Землю

Повітря – суміш газів $\rightarrow 78\% N_2 + 21\% O_2 + (H_2O + CO_2 + \ldots)$

Атмосферний тиск зумовлений власною вагою повітря

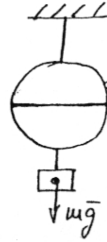


1643р. Е. Торрічеллі – ртутний барометр

$P_0 = \rho g h_0 = 101325$ Па $= 1{,}013 \cdot 10^5$ Па $= 1$ атм $= 760$ мм.рт. ст.

1 мм. рт. ст. = 133,3 Па

1654р. О. Геріке – „Магдебурзькі досліди"



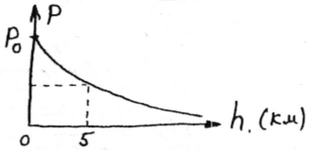
Б. Паскаль – водяний барометр, залежність p від h.

Залежність атмосферного тиску від висоти

$p = p_0 e^{-\frac{\rho_0 g h}{p_0}}$

для $h = 5$ км

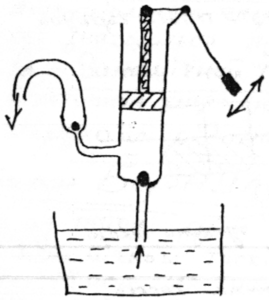
$p = 0{,}53 p_0$



Густина повітря швидко зменшується з збільшенням висоти h над поверхнею Землі – відповідно зменшується концентрація молекул $n = \frac{N}{V}$ яка і визначає тиск газу ($P = nkT$)

Барометр-анероїд – чутливий елемент – металічна коробочка з якої частково відкачане повітря

Помпа



Розріджувальні помпи