**Закон всесвітнього тяжіння. Сила тяжіння. Прискорення вільного падіння**

Ми знаємо, що планети, зокрема Земля, обертаються навколо Сонця. Сонце притягує планети. Земля притягує Місяць, утримуючи його на орбіті.

Від чого залежить сила взаємного притягання між небесними тілами?

Чи тільки небесні тіла можуть взаємодіяти?

**1. Гравітаційна взаємодія**

**Гравітаційна взаємодія – взаємодія, яка є властивою всім тілам у Всесвіті й виявляється в їхньому взаємному притяганні одне до одного.**

Гравітаційна взаємодія здійснюється за допомогою особливого виду матерії – **гравітаційного поля** (існує навколо будь-якого тіла: зорі, планети, людини, книжки, молекули, атома).

**2. Закон всесвітнього тяжіння**

До XVII ст. вчені вважали, що тільки Земля має особливу властивість притягувати до себе всі тіла, що перебувають поблизу її поверхні. У 1667 р. Ньютон висловив дивне для тих часів твердження, що між усіма тілами діють сили взаємного притягання та сформулював закон всесвітнього тяжіння.

**Закон всесвітнього тяжіння:**

**Між будь-якими двома тілами** **діють сили** **гравітаційного притягання, які прямо пропорційні добутку мас цих тіл і обернено пропорційні квадрату відстані між ними.**

$$F=G\frac{m\_{1}m\_{2}}{r^{2}}$$

*G* – гравітаційна стала

Гравітаційну сталу вперше виміряв англійський учений Генрі Кавендіш у 1798 р. за допомогою крутильних терезів:

$$G=6,67∙10^{-11}\frac{Н∙м^{2}}{кг^{2}}$$

*Гравітаційна стала чисельно дорівнює силі, з якою дві матеріальні точки масою 1 кг кожна взаємодіють на відстані 1 м одна від одної* (якщо $m\_{1}=m\_{2}=1 кг$, а $r=1 м$, то $F=6,67∙10^{-11}Н$).

Завдяки закону всесвітнього тяжіння:

* описують рух природних і штучних тіл у Сонячній системі;
* описують рух подвійних зір, зоряних скупчень;
* обчислюють маси небесних тіл;
* визначають характер руху небесних тіл, будову, еволюцію.

**3. Сила тяжіння**

**Сила тяжіння** $\vec{F}\_{тяж}$ **– сила, з якою Земля (або інше астрономічне тіло) притягує до себе тіла, що перебувають на її поверхні або поблизу неї.**

$$F\_{тяж}=G\frac{mM\_{З}}{r^{2}}, або F\_{тяж}=G\frac{mM\_{З}}{\left(R\_{З}+h\right)^{2}}$$

*G* – гравітаційна стала;

*m* – маса тіла;

*М*З – маса Землі;

*r* = *R*З + *h* – відстань від центра Землі до тіла.

**4. Прискорення вільного падіння**

**Вільне падіння – це рух тіла лише під дією сили тяжіння (за умови, що опір повітря незначний і на тіло не діють інші сили).**

*Прискорення вільного падіння* можна визначити, застосувавши другий закон Ньютона:

$$\vec{g}=\frac{\vec{F}\_{тяж}}{m}$$

Як і сила тяжіння, прискорення вільного падіння завжди напрямлене вертикально вниз $\left(\vec{g}\uparrow \uparrow \vec{F}\_{тяж}\right)$ незалежно від того, в якому напрямку рухається тіло.

Маємо дві формули для визначення модуля сили тяжіння:

$$F\_{тяж}=mg F\_{тяж}=G\frac{mM\_{З}}{\left(R\_{З}+h\right)^{2}}$$

$$mg=G\frac{mM\_{З}}{\left(R\_{З}+h\right)^{2}} => g=G\frac{M\_{З}}{\left(R\_{З}+h\right)^{2}}$$

Аналіз останньої формули:

1. *Прискорення вільного падіння не залежить від маси тіла* (довів Ґ. Ґалілей).

2. *Прискорення вільного падіння зменшується в разі збільшення висоти h тіла над поверхнею Землі*, причому помітна зміна відбувається, якщо *h* становить десятки й сотні кілометрів (на висоті *h* = 100 км прискорення вільного падіння зменшиться лише на 0,3 м/с2).

3. Якщо тіло перебуває на поверхні Землі $\left(h=0\right)$ або на висоті кількох кілометрів $\left(h\ll R\_{З}\right)$:

$$g=G\frac{M\_{З}}{R\_{З}^{2}}≈9,8\frac{м}{с^{2}}$$

Через обертання Землі, а також через те, що форма Землі – еліпсоїд (екваторіальний радіус Землі більший за полярний на 21 км), прискорення вільного падіння залежить від географічної широти місцевості.

**Розв’язування задач**

1. З якою силою притягується до станції масою 180 т транспортний космічний корабель масою 9 т у разі, якщо корабель перебуває на відстані 50 м від станції?

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$m\_{1}=180 т$$$$=180∙10^{3} кг$$$$m\_{2}=9 т$$$$=9∙10^{3} кг$$$$r=50 м$$$$G=6,67∙10^{-11}\frac{Н∙м^{2}}{кг^{2}}$$ | ***Розв’язання***$$F=G\frac{m\_{1}m\_{2}}{r^{2}}$$$$\left[F\right]=\frac{Н∙м^{2}}{кг^{2}}∙\frac{кг∙кг}{м^{2}}=Н$$$$F=6,67∙10^{-11}∙\frac{180∙10^{3}∙9∙10^{3}}{50^{2}}=\frac{10805∙10^{-5}}{2500}≈4,3∙10^{-5} (Н)$$***Відповідь:***$ F=43 мкН.$ |
| $$ F - ?$$ |

2. У порту на відстані 200 м один від одного стоять два танкери, маса одного з них становить 150 000 т. Визначте масу іншого, якщо сила гравітаційного притягування між ними становить 20 Н.

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$r=2∙10^{2} м$$$$m\_{1}=150000 т$$$$=15∙10^{7} кг$$$$F=20 Н$$$$G=6,67∙10^{-11}\frac{Н∙м^{2}}{кг^{2}}$$ | ***Розв’язання***$$F=G\frac{m\_{1}m\_{2}}{r^{2}} => m\_{2}=\frac{Fr^{2}}{Gm\_{1}}$$$$\left[m\_{2}\right]=\frac{Н∙м^{2}}{\frac{Н∙м^{2}}{кг^{2}}∙кг}=\frac{Н∙м^{2}∙кг}{Н∙м^{2}}=кг$$$$m\_{2}=\frac{20∙\left(2∙10^{2}\right)^{2}}{6,67∙10^{-11}∙15∙10^{7}}=\frac{80∙10^{4}}{100∙10^{-4}}=0,8∙10^{8}(кг)$$***Відповідь:*** $m\_{2}=80000 т.$ |
| $$ m\_{2} - ?$$ |

3. Визначте прискорення вільного падіння на Меркурії, маса якого становить 3,36·1023 кг, а радіус – 2440 км.

|  |  |
| --- | --- |
| ***Дано:***$$M\_{Мер.}=3,36∙10^{23} кг$$$$R\_{Мер.}=2440 км$$$$=2,44∙10^{6} м$$$$G=6,67∙10^{-11}\frac{Н∙м^{2}}{кг^{2}}$$ | ***Розв’язання***$$g\_{Мер.}=G\frac{M\_{Мер.}}{R\_{Мер.}^{2}} \left[g\_{Мер.}\right]=\frac{Н∙м^{2}}{кг^{2}}∙\frac{кг}{м^{2}}=\frac{Н}{кг}=\frac{м}{с^{2}}$$$$g\_{Мер.}=6,67∙10^{-11}∙\frac{3,36∙10^{23}}{\left(2,44∙10^{6}\right)^{2}}=\frac{22,4∙10^{12}}{5,95∙10^{12}}=3,76 \left(\frac{м}{с^{2}}\right)$$***Відповідь:*** $g\_{м}=3,76 \frac{м}{с^{2}}.$ |
| $$ g\_{Мер.} - ?$$ |

**Дати відповіді на питання:**

*1. Яку взаємодію називають гравітаційною? Наведіть приклади.*

*2. Сформулюйте та запишіть закон всесвітнього тяжіння.*

*3. Яким є фізичний зміст гравітаційної сталої? Чому вона дорівнює?*

*4. Якими є межі застосування закону всесвітнього тяжіння?*

*5. Дайте означення сили тяжіння. За якими формулами її обчислюють і як вона напрямлена?*

*6. Від яких чинників залежить прискорення вільного падіння?*

**Домашнє завдання**

Опрацювати § 33, Вправа № 33 (2-4)