ಬಲದ ಕುರಿತಾದ ಪರ್ಯಾಯ ತಿಳಿವಳಿಕೆಗಳ ಪರಿಶೋಧನೆ

ಸೌರವ್ ಶೋಮ್

ಬಲವು ನ್ಯೂಟೋನಿಯನ್ ಬಲವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮೂಲಭೂತ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯಾಗಿದ್ದು, ಇದನ್ನು ಶಿಕ್ಷಕರು ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಕ ಶಿಕ್ಷಕರು ಚೆನ್ನಾಗಿ ತಿಳಿದುಕೊಂಡಿರುತ್ತಾರೆ ಎಂದು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ, ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಕರು ಈ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಯ ಸುತ್ತ ಹಲವಾರು ಪರ್ಯಾಯ ತಿಳಿವಳಿಕೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಇರುತ್ತದೆ. ನಾವು ಈ ಪರ್ಯಾಯ ತಿಳಿವಳಿಕೆಗಳನ್ನು ಹೊರಗೆಳೆದು ಅವುಗಳಿಗೆ ಸವಾಲೊಡ್ಡುವುದು ಹೇಗೆ?

ಬಲ ಮತ್ತು ನ್ಯುಟೋನಿಯನ್ ಬಲವಿಜ್ಞಾನದ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳು ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಮೂಲಭೂತ ಅಂಶಗಳಾಗಿವೆ (ಬಾಕ್ಸ್ 1ನ್ನು ನೋಡಿ). ಆದಾಗ್ಯೂ, ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಕರು ಈ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳ ಕುರಿತು ಅನೇಕ ಪರ್ಯಾಯ ತಿಳಿವಳಿಕೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಅಧ್ಯಯನಗಳು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ.[1–6] ಈ ಪರ್ಯಾಯ ತಿಳಿವಳಿಕೆಗಳು ಯಾವ ರೂಪಗಳನ್ನು ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ? ಅವುಗಳಿಗೆ ಸವಾಲೊಡ್ಡುವುದು ಹೇಗೆ? ನಾನು ಶಿಕ್ಷಕರು ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಕ ಶಿಕ್ಷಕರ ಒಂದು ಗುಂಪಿನೊಟ್ಟಿಗೆ ಒಂದು ಕಾರ್ಯಾಗಾರದಲ್ಲಿ ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಪರಿಶೋಧಿಸಿದೆ. (ಬಾಕ್ಸ್ 2ನ್ನು ನೋಡಿ).

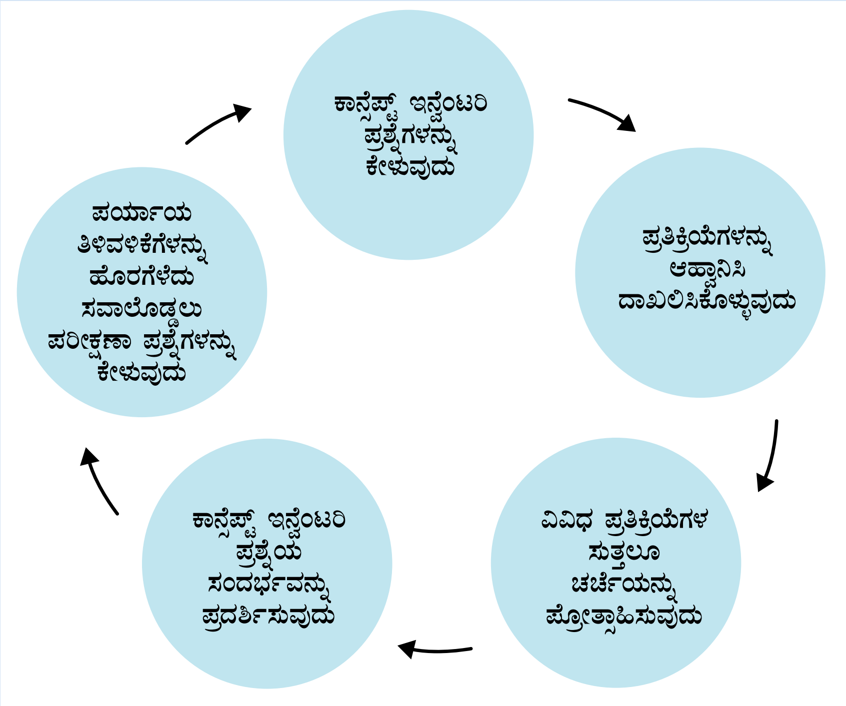
ಬಾಕ್ಸ್ 1. ನ್ಯೂಟನ್‌ನ ಚಲನೆಯ ನಿಯಮಗಳು[7]:

ನ್ಯೂಟನ್‌ನ ಚಲನೆಯ ಮೊದಲನೇ ನಿಯಮ (ಜಡತ್ವ)	ಬಾಹ್ಯ ಬಲಗಳ ಅನುಪಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ, ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತು ನಿಶ್ಚಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲೇ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಸ್ತು ಸ್ಥಿರ ವೇಗದೊಂದಿಗೆ (ಅಂದರೆ, ಸ್ಥಿರ ಜವದೊಂದಿಗೆ ಸರಳ ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ) ಚಲಿಸುವುದನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸುತ್ತದೆ.
ನ್ಯೂಟನ್‌ನ ಚಲನೆಯ ಎರಡನೇ ನಿಯಮ (ಬಲ)	ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವು ಅದರ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತಿರುವ ನಿವ್ವಳ ಬಲದೊಂದಿಗೆ ನೇರ ಅನುಪಾತದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದರ ರಾಶಿಯೊಂದಿಗೆ ವಿಲೋಮ ಅನುಪಾತದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.
ನ್ಯೂಟನ್‌ನ ಚಲನೆಯ ಮೂರನೇ ನಿಯಮ (ಕ್ರಿಯೆ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ)	ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಪ್ರಭಾವ ಬೀರಿದರೆ, ವಸ್ತು 1 ವಸ್ತು 2ರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಬಲವು, ವಸ್ತು 2 ವಸ್ತು 1ರ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಬಲಕ್ಕೆ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಬಾಕ್ಸ್ 2. ಕಾರ್ಯಾಗಾರದ ಕಿರು ಅವಲೋಕನ:

ಭಾಗವಹಿಸಿದವರು: ಕಾರ್ಯಾಗಾರದಲ್ಲಿ ಉತ್ತರ ಭಾರತದ ಒಂದು ರಾಜ್ಯದ ಒಂದೇ ಜಿಲ್ಲೆಯಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವ 27 ಜನ ಭಾಗವಹಿಸಿದ್ದರು (19 ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಕರು ಮತ್ತು 8 ಶಿಕ್ಷಕ ಶಿಕ್ಷಕರು). ಶಿಕ್ಷಕರು ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಪದವಿ ಅಥವಾ ಸ್ನಾತಕೋತ್ತರ ಪದವಿಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರು. ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬರೂ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಅಥವಾ ಪ್ರೌಢ ಶಾಲಾ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು/ಅಥವಾ ಪರಿಸರ ವಿಜ್ಞಾನ (EVS) ಬೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ಕನಿಷ್ಠ ಹತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ಅನುಭವ ಹೊಂದಿದ್ದರು. ಎಲ್ಲ ಶಿಕ್ಷಕ ತರಬೇತುದಾರರೂ ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಸ್ನಾತಕೋತ್ತರ ಪದವಿಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಬೋಧನೆ ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಕ ಶಿಕ್ಷಣದಲ್ಲಿ 0–15 ವರ್ಷಗಳ ಅನುಭವ ಹೊಂದಿದ್ದರು.

ಸ್ವರೂಪ: ಕಾರ್ಯಾಗಾರದ ಪ್ರಕ್ರಿಯಾ ಚಕ್ರವನ್ನು ಗ್ರಹಿಕೆಯ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಬೆಳಕಿಗೆ ತಂದು ಅವುಗಳಿಗೆ ಸವಾಲೊಡ್ಡುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ರೂಪಿಸಲಾಗಿತ್ತು (ಚಿತ್ರ 1ನ್ನು ನೋಡಿ). ಅದರಲ್ಲಿ ಐದು ಹಂತಗಳಿದ್ದವು. ಪ್ರತಿ ಹಂತದಲ್ಲಿ, ನಾನು ಭಾಗಿದಾರರಿಗೆ ಒಂದು ಸಮಸ್ಯಾ ಸಂದರ್ಭವನ್ನು ಪರಿಚಯಿಸಿ, ಒಂದು ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಕೇಳಿ, ಹಲವು ಆಯ್ಕೆಗಳ ಒಂದು ಪಟ್ಟಿಯಿಂದ ಅವರ ಉತ್ತರವನ್ನು ಆರಿಸಲು ಆಹ್ವಾನಿಸುತ್ತಿದ್ದೆ (ಕೊನೆಯ ಪ್ರಶ್ನೆಯು ಮುಕ್ತ ಉತ್ತರದ ಪ್ರಶ್ನೆಯಾಗಿತ್ತು). ತಮ್ಮ ಗುರುತನ್ನು ಕಾಪಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು, ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬರೂ ತಮಗೆ ನಿಖರವೆನಿಸುವ ಆಯ್ಕೆಯನ್ನು ಒಂದು ಕಾಗದದಲ್ಲಿ ಬರೆದುಕೊಟ್ಟರು. ನಾನು ಈ ಕಾಗದಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ, ವಿವಿಧ ಆಯ್ಕೆಗಳನ್ನು ಆರಿಸಲಾದ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಆವರ್ತಾಂಕವನ್ನು (relative frequency) ಗುರುತಿಸಿಕೊಂಡೆ. ಇದರ ಹಿಂದೆಯೇ ಚರ್ಚೆಗೆ ಪ್ರೇರೇಪಿಸಲು ಮತ್ತು ತಮ್ಮ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿನ ದೋಷಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು



ಚಿತ್ರ 1. ಅವಧಿಯ ಪ್ರಕ್ರಿಯಾ ಚಕ್ರ
ಕೃಪೆ: ಸೌರವ್ ಶೋಮೆ. ಪರವಾನಗಿ: CC-BY-NC.

ನೆರವಾಗಲು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಲಾದ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಕೇಳಿದೆ. ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ, ಮೂಲ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳ ಮೇಲೆ ಬೆಳಕು ಚೆಲ್ಲಲು ಹೊಸ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಪರಿಚಯಿಸುತ್ತಿದ್ದೆ. ಒಂದು ಪ್ರಶ್ನೆಯ ಕುರಿತು ಸಂಪೂರ್ಣವಾದ ಚರ್ಚೆಯಾಗಿ ಎಲ್ಲರೂ ಸರಿಯಾದ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಯ ಕುರಿತಾಗಿ ಉತ್ತಮ ಅರಿವಿನ ಹಂತವನ್ನು ತಲುಪಿದ ನಂತರವಷ್ಟೇ ಆ ಪ್ರಶ್ನೆಯಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಹೋಗುತ್ತಿದ್ದೆವು.

ಪ್ರಶ್ನೆಗಳು: II, IV ಮತ್ತು V ನೇ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಫೋರ್ಸ್ ಕಾನ್ಸೆಪ್ಟ್ ಇನ್ವೆಂಟರಿಯಿಂದ (FCI)[8] ಅಳವಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿತ್ತು. ಪ್ರತಿ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನೂ ನಿಜ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಎದುರುಗೊಳ್ಳುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿರುವ ಒಂದು ಸಮಸ್ಯಾ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸ್ತುತಪಡಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಪ್ರತಿ ಪ್ರಶ್ನೆಯ ಆಯ್ಕೆಗಳನ್ನು ಮೌಖಿಕವಾಗಿ ಮತ್ತು ಬರವಣಿಗೆಯಲ್ಲಿ (ಬೋರ್ಡಿನ ಮೇಲೆ) ಹಂಚಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿತ್ತು. ಚರ್ಚೆಗೆ ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ಮತ್ತು ಹಿಂದಿ (ಹೆಚ್ಚು ಪರಿಚಿತವಿದ್ದ ಭಾಷೆ) ಭಾಷೆಗಳೆರಡನ್ನೂ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿತ್ತು.

ಚಲನೆ ಮತ್ತು ಬಲ

ಮೊದಲನೇ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಪ್ರಸ್ತುತಪಡಿಸಿದಾಗ (ನೋಡಿ: **ಪ್ರಶ್ನೆ I: ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವುದು ಯಾವುದು**?), ಇಪ್ಪತ್ತೆರಡು ಜನ (81%) ಆಯ್ಕೆ B ಅನ್ನು ಆರಿಸಿದರೆ, ಐದು ಜನ (19%) ಆಯ್ಕೆ E ಅನ್ನು ಆರಿಸಿದರು. ಸರಿಯಾದ ಉತ್ತರ ಆಯ್ಕೆ E. ಬಹುತೇಕರು ಆಯ್ಕೆ B ಅನ್ನು ಆರಿಸಿದ್ದು ಏಕೆ?

ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿ ನೋಡಿದಾಗ, ಕುರ್ಚಿ X ಇಲ್ಲವೇ ಇಲ್ಲ ಎನ್ನುವಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಚಲಿಸಿದರೆ ಕುರ್ಚಿ Y ಸಾಕಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಿತು ಎಂಬುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರು. ಭಾಗವಹಿಸಿದವರಲ್ಲಿ ಬಹುತೇಕರು ಬಲ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಚಲನೆಯೊಂದಿಗೆ (ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ, ಕುರ್ಚಿ Y ನ ಚಲನೆಯೊಂದಿಗೆ) ಸಂಯೋಜಿಸಿದರು. ನ್ಯೂಟನ್‌ನ ಚಲನೆಯ ಮೊದಲನೇ ನಿಯಮವನ್ನು ಉಲ್ಲೇಖಿಸಿ, ಕುರ್ಚಿ X ನಿಶ್ಚಲವಾಗಿ ಉಳಿದಿದ್ದರಿಂದ ಅದರ ಮೇಲೆ ಯಾವುದೇ ಬಲ ವರ್ತಿಸುತ್ತಿಲ್ಲ ಎಂದು ವಾದಿಸಿದರು. ಇದು ತಪ್ಪು, ಏಕೆಂದರೆ ಇದು ನ್ಯೂಟನ್‌ನ ಚಲನೆಯ ಮೂರನೇ ನಿಯಮ ಮತ್ತು ಘರ್ಷಣಾ ಬಲ ಇವೆರಡನ್ನೂ ನಿರ್ಲಕ್ಷಿಸುತ್ತದೆ.

ನ್ಯೂಟನ್‌ನ ಚಲನೆಯ ಮೂರನೇ ನಿಯಮವಾದ "ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಕ್ರಿಯೆಗೂ ಸಮವಾದ ಮತ್ತು ವಿರುದ್ಧವಾದ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆ ಇರುತ್ತದೆ" ಎಂಬುದನ್ನು ಎಲ್ಲರೂ ಹೇಳಬಲ್ಲವರಾಗಿದ್ದರೂ, ಅದನ್ನು ಈ ಸಂದರ್ಭಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸಲು ಅವರಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ (ಚಿತ್ರ 2ನ್ನು ನೋಡಿ). ಕುರ್ಚಿ X ನ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿ ಕುರ್ಚಿ Y ನ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿದಾಗ, ಕುರ್ಚಿ Y ಕೂಡ ಕುರ್ಚಿ X ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಮೇಲೆ ಸಮನಾದ ಮತ್ತು ವಿರುದ್ಧವಾದ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಬಲಗಳ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಎರಡೂ ಕುರ್ಚಿಗಳು ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳು ಚಲಿಸುತ್ತಿದ್ದಂತೆ, ಘರ್ಷಣಾ ಬಲ (force of friction) ವರ್ತಿಸಲು ಪ್ರಾರಂಭವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡನೇ ಬಲವು ತಳ್ಳುವಿಕೆಯ ಬಲದ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾದ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರ 2. ಪಿನ್ನುಗಳು ಮತ್ತು ಚೆಂಡು ಪರಸ್ಪರ ಸಮ ಪ್ರಮಾಣದ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತವೆಯೇ?
ಕೃಪೆ: Daniel Orth, Flickr. URL: https://www. flickr. com/photos/danorth1/24013920255.
ಪರವಾನಗಿ: CC BY-ND 2.0 DEED.

ಘರ್ಷಣೆಯು ತಾನು ಯಾವ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆಯೋ ಅದರ ರಾಶಿಯ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿತವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ X ತನ್ನ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಹೆಚ್ಚುವರಿ ತೂಕವನ್ನು ಹೊತ್ತಿರುವುದರಿಂದ, ಕುರ್ಚಿ X ಕುರ್ಚಿ Y ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಘರ್ಷಣಾ ಬಲವನ್ನು ಅನುಭವಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿನ ಎರಡು ಕುರ್ಚಿಗಳು ಏಕೆ ವಿಭಿನ್ನ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಇದು ವಿವರಿಸುತ್ತದೆ.

ಎರಡನೇ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಪ್ರಸ್ತುತಪಡಿಸಿದಾಗ (ನೋಡಿ: **ಪ್ರಶ್ನೆ II: ಬಲದ ಪ್ರಮಾಣವೆಷ್ಟು**?), ಭಾಗಿದಾರರಲ್ಲಿಹದಿನೈದು ಜನ (56%) ಆಯ್ಕೆ C ಅನ್ನು, ಐವರು (18%) ಆಯ್ಕೆ E ಅನ್ನು, ಮೂವರು (12%) ಆಯ್ಕೆ F ಅನ್ನು, ಇಬ್ಬರು (7%) ಆಯ್ಕೆ B ಅನ್ನು, ಮತ್ತು ಒಬ್ಬರು (4%) ಆಯ್ಕೆ A ಅನ್ನು ಆರಿಸಿದರು. ಸರಿಯಾದ ಉತ್ತರ ಆಯ್ಕೆ E. ಅಷ್ಟೊಂದು ಮಂದಿ ಬೇರೆ ಆಯ್ಕೆಗಳನ್ನು ಆರಿಸಿದ್ದೇಕೆ?

ಆಯ್ಕೆ C ಅಥವಾ F ಅನ್ನು ಆರಿಸಿದವರು ನ್ಯೂಟನ್‌ನ ಚಲನೆಯ ಎರಡನೇ ನಿಯಮವನ್ನು ನಿರ್ಲಕ್ಷಿಸಿದ್ದರು. ಎರಡೂ ಕುರ್ಚಿಗಳ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಅವರು ಗಮನಿಸಿದ್ದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಆಧರಿಸಿ, ಎರಡೂ ಕುರ್ಚಿಗಳ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುವ ಬಲಗಳು ಸಮವಲ್ಲ ಎಂದು ಅವರು ತೀರ್ಮಾನಿಸಿದ್ದರು. ಆದರೆ ಈ ತೀರ್ಮಾನಕ್ಕೆ ಬರಲು, ಎರಡೂ ಕುರ್ಚಿಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷ ರಾಶಿಗಳನ್ನೂ ಸಹ ಪರಿಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಿತ್ತು. ಆಯ್ಕೆ B ಅನ್ನು ಆರಿಸಿದವರು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಸ್ತುಗಳು ಅಥವಾ ತಳ್ಳುವ ಉದ್ದೇಶವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಸ್ತುಗಳಷ್ಟೇ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಬಲ್ಲವು ಎಂಬ ತಪ್ಪಾದ ಊಹೆಯನ್ನು ಮಾಡಿದ್ದರು.

ಚರ್ಚೆಯ ಈ ಹಂತದಲ್ಲಿ, ಪ್ರಶ್ನೆ I ಮತ್ತು II ಕ್ಕೆ ತಾವು ನೀಡಿದ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಲು ಆಹ್ವಾನಿಸಲಾಯಿತು. ಈ ಎರಡೂ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳ ಅತಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಉತ್ತರಗಳು ಒಂದೇ ತಪ್ಪು ತಿಳಿವಳಿಕೆಯಿಂದ ರೂಪುಗೊಂಡಿದ್ದವು. ಅದು 'ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತಿರುವ ಬಲದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು, ಅದು ಉಂಟುಮಾಡುವ ಚಲನೆಯ ಪ್ರಮಾಣದಿಂದ ನಿರ್ಣಯಿಸಬಹುದು' ಎಂಬುದು. ಇದರಿಂದ ಅವರು ಹೀಗೆ ತೀರ್ಮಾನಿಸಿದರು: (a) ಒಂದು ವಸ್ತು ಚಲಿಸದಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಮೇಲೆ ಯಾವುದೇ ಬಲ ವರ್ತಿಸುತ್ತಿರಲಿಲ್ಲ, ಮತ್ತು (b) ಒಂದು ವಸ್ತು ತೋರಿಸುವ ಚಲನೆಯ ಪ್ರಮಾಣ ಹೆಚ್ಚಿದ್ದಷ್ಟು, ಅದರ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತಿರುವ ಬಲ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತಿತ್ತು. ಈ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳ ನಡುವೆ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಬಂಧವಿದೆಎಂಬುದನ್ನು ಅವರು ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡರು. ಆದರೆ, ತಮ್ಮ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳು ನ್ಯೂಟನ್‌ನ ಚಲನೆಯ ಎರಡನೇ ಮತ್ತು ಮೂರನೇ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ನಿರ್ಲಕ್ಷಿಸಿದ್ದವು ಎಂಬುದನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಅವರಿಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ. ನಾನು ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಸರಿಯಾದ ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ಹಂಚಿಕೊಳ್ಳಲಿಲ್ಲ. ಆದರೆ, ಅವರಿಗೆ ಸಹಾಯ ಮಾಡಲು, ನ್ಯೂಟನ್‌ನ ಗುರುತ್ವದ ನಿಯಮವನ್ನು ಪರಿಚಯಿಸಿ ನ್ಯೂಟನ್‌ನ ಚಲನೆಯ ಮೂರು ನಿಯಮಗಳೊಂದಿಗೆ ಅದಕ್ಕಿರುವ ಸಂಬಂಧದೆಡೆಗೆ ಅವರ ಗಮನ ಸೆಳೆದೆ. ಯಾವುದೇ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಭೂಮಿಯು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಬಲವು, ಆ ವಸ್ತುವು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಬಲಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಅವರ ಗಮನಕ್ಕೆ ತಂದೆ.

ಗುರುತ್ವದ ಅಡಿಯಲ್ಲಿ ಚಲನೆ

ಗುರುತ್ವದ ಕುರಿತಾದ ಚರ್ಚೆಯು ನಮ್ಮನ್ನು ಮೂರನೇ ಸಮಸ್ಯೆಗೆ ಕರೆದೊಯ್ಯಿತು (ನೋಡಿ: **ಪ್ರಶ್ನೆ III: ಮೊದಲು ಯಾವ ವಸ್ತು ನೆಲಕ್ಕೆ ತಲುಪುತ್ತದೆ**?). ಮೂರೂ ಸನ್ನಿವೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವ ವಸ್ತು ಮೊದಲು ನೆಲದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಊಹಿಸಲು ಆಹ್ವಾನಿಸಿದೆ.[9] ಮೊದಲನೇ ಸನ್ನಿವೇಶವನ್ನು ಪ್ರಸ್ತುತಪಡಿಸಿದಾಗ, ಎರಡೂ ಬಾಟಲಿಗಳು ನೆಲಕ್ಕೆ ಒಂದೇ ಸಮಯಕ್ಕೆ ತಲುಪುತ್ತವೆ ಎಂದು ಅವರು ಊಹಿಸಿದರು. ಇದನ್ನು ದೃಢಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು, ಎರಡೂ ಬಾಟಲಿಗಳನ್ನು ಎತ್ತರಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತಾ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಬಿಡಲಾಯಿತು. ಪ್ರತಿ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿಯೂ, ಊಹಿಸಲಾದಂತೆ ಎರಡೂ ಬಾಟಲಿಗಳು ಸುಮಾರು ಒಂದೇ ಸಮಯಕ್ಕೆ ನೆಲಕ್ಕೆ ತಲುಪಿದವು. ಎರಡನೇ ಸನ್ನಿವೇಶಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಯಾಗಿ, ಪರ್ಸು ಕಾಗದದ ಹಾಳೆಗಿಂತ ವೇಗವಾಗಿ ಬೀಳುತ್ತದೆ ಎಂದು ಅವರು ಊಹಿಸಿದರು. ತಮ್ಮ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗೆ ಕಾರಣವನ್ನು ನೀಡಲು ಹೇಳಿದಾಗ, ಕಾಗದದ ಹಾಳೆಯು ತನ್ನ ಹೆಚ್ಚಿನ ಮೇಲ್ಮೈ ವಿಸ್ತೀರ್ಣದ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ಗಾಳಿಯಿಂದ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರತಿರೋಧವನ್ನು ಅನುಭವಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ತರ್ಕಿಸಿದರು. ಒಂದು ಪ್ರದರ್ಶನವು ಈ ಊಹೆಯನ್ನು ದೃಢಪಡಿಸಿತು. ಮೂರನೇ ಸನ್ನಿವೇಶವನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಲು, ನಾನು ಒಂದು ಪುಸ್ತಕ ಮತ್ತು ಅದರ ದಪ್ಪನೆಯ ಮುಖಪುಟವನ್ನು ಬಳಸಿದೆ. ಇದರಿಂದ ಎರಡೂ ವಸ್ತುಗಳು ಸಮಾನ ಮೇಲ್ಮೈ ವಿಸ್ತೀರ್ಣವನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಖಚಿತಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಎರಡೂ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ಎತ್ತರದಿಂದ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಬಿಡಲಾಯಿತು. ಅವುಗಳ ಮುಖಗಳು ನೆಲಕ್ಕೆ ಅಡ್ಡಲಾಗಿ ಇರುವಂತೆ ಹಿಡಿದು ಕೆಳಕ್ಕೆ ಬಿಟ್ಟಾಗ, ಕಾಗದ ಪುಸ್ತಕದ ನಂತರ ನೆಲಕ್ಕೆ ತಲುಪಿತು. ಮುಖಪುಟವು ಹಗುರವಾಗಿದ್ದ ಕಾರಣ, ಭಾರವಾಗಿದ್ದ ಪುಸ್ತಕದಷ್ಟು ಸುಲಭವಾಗಿ ಅದಕ್ಕೆ ಗಾಳಿಯ ಪ್ರತಿರೋಧವನ್ನು ಹಿಮ್ಮೆಟ್ಟಿಸಲು ಆಗಲಿಲ್ಲ ಎಂದು ಅವರು ಊಹಿಸಿದರು. ಇದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು, ವಸ್ತುಗಳ ಮುಖಗಳು ನೆಲಕ್ಕೆ ಉದ್ದವಾಗಿ ಇರುವಂತೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಕೆಳಕ್ಕೆ ಬಿಡಲಾಯಿತು. ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ, ಎರಡೂ ವಸ್ತುಗಳು ಸುಮಾರು ಒಂದೇ ಸಮಯಕ್ಕೆ ನೆಲಕ್ಕೆ ತಲುಪಿದವು. ಈ ಸರಣಿ ಪ್ರದರ್ಶನಗಳ ಅಂತ್ಯದ ಹೊತ್ತಿಗೆ, ಒಂದೇ ಎತ್ತರದಿಂದ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಬಿಡಲಾಗುವ ಯಾವುದೇ ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳು, ಅವುಗಳ ರಾಶಿ ಎಷ್ಟೇ ಆಗಿದ್ದರೂ ಒಂದೇ ಸಮಯಕ್ಕೆ ನೆಲಕ್ಕೆ ತಲುಪುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಅವರು ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡರು.

ನಾಲ್ಕನೇ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಪ್ರಸ್ತುತಪಡಿಸಿದಾಗ (ನೋಡಿ: **ಪ್ರಶ್ನೆ IV: ಯಾವ ವಸ್ತು ಹೆಚ್ಚಿನ ದೂರವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸುತ್ತದೆ**?), ಹದಿನೇಳು ಜನ (65%) ಆಯ್ಕೆ A ಅನ್ನು, ಎಂಟು ಜನ (31%) ಆಯ್ಕೆ C ಅನ್ನು, ಮತ್ತು ಒಬ್ಬರು (4%) ಆಯ್ಕೆ B ಅನ್ನು ಆರಿಸಿದರು. ಸರಿಯಾದ ಉತ್ತರ ಆಯ್ಕೆ C.

ಅವರನ್ನು ಸರಿಯಾದ ಆಯ್ಕೆಯೆಡೆಗೆ ಕರೆದೊಯ್ಯಲು, ಮೇಜಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಅಂಚಿನಲ್ಲಿ ಎರಡೂ ಚೆಂಡುಗಳ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುವ ಎಲ್ಲಾ ಬಲಗಳನ್ನು ಹೆಸರಿಸಲು ಹೇಳಿದೆ. ಬಹುತೇಕರು ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲವನ್ನು ಹೆಸರಿಸಿದರು. ಅವರಲ್ಲಿ ಒಬ್ಬರು, ಚೆಂಡುಗಳು ಮೇಜಿನ ಅಂಚಿನೆಡೆಗೆ ಉರುಳುತ್ತಿರುವಾಗಲೂ ಅವುಗಳ ಮೇಲೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲ ವರ್ತಿಸಿತು ಎಂಬ ನಂಬಿಕೆಯನ್ನು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಿದರು. ಬಹುತೇಕರು

ಪ್ರಶ್ನೆ IV ರ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲದ ಪಾತ್ರವನ್ನು ಗುರುತಿಸಿದರೂ, ಮತ್ತು ಪ್ರಶ್ನೆ III ರ ಮೂರು ಸನ್ನಿವೇಶಗಳಿಗೆ ನ್ಯೂಟನ್‌ನ ಗುರುತ್ವದ ನಿಯಮವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಅನ್ವಯಿಸಿದ್ದರೂ, ಆ ಅರಿವನ್ನು ಈ ಸಂದರ್ಭಕ್ಕೆ ವರ್ಗಾಯಿಸಲು ಅವರಲ್ಲಿ ಹಲವರಿಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ. ಒಂದೆಡೆ, ಆಯ್ಕೆ A ಅನ್ನು ಆರಿಸಿದವರು ಈ ಸಂದರ್ಭವನ್ನು ಹಗುರವಾದ ಮತ್ತು ಭಾರವಾದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ತಮ್ಮಿಂದ ದೂರ ಎಸೆಯುವ ನಿಜ ಜೀವನದ ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರು. ಒಂದೇ ಬಲದಿಂದ ಎಸೆದಾಗಲೂ, ನೆಲಕ್ಕೆ ತಲುಪುವ ಮೊದಲು ಹಗುರವಾದ ವಸ್ತುಗಳು (ಭಾರವಾದ ವಸ್ತುಗಳಿಗಿಂತ) ಹೆಚ್ಚಿನ ದೂರವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದು ವಾದಿಸಿದರು. ಇದು ನಿಖರವಲ್ಲ ಏಕೆ? ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯಲ್ಲಿನ ಎರಡು ಚೆಂಡುಗಳು ಗುರುತ್ವದ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಮೇಜಿನ ಅಂಚಿನಿಂದ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಉರುಳಿದವು. ಇಲ್ಲಿ, ಅವು ಪ್ರಶ್ನೆ III ರಲ್ಲಿನ ಮೂರೂ ಸನ್ನಿವೇಶಗಳಲ್ಲಿನ ಯಾವುದೇ ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳಂತೆಯೇ ಆಗಿದ್ದವು– ಅವು ಒಂದೇ ಸಮಯಕ್ಕೆ ನೆಲವನ್ನು ತಲುಪಲಿದ್ದವು. ಇನ್ನೊಂದೆಡೆ, ಆಯ್ಕೆ C ಅನ್ನು ಆರಿಸಿದವರಲ್ಲಿ ಕೆಲವರು ಎರಡೂ ಚೆಂಡುಗಳ ಮೇಲೆ ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲ ವರ್ತಿಸುವುದರಿಂದ ಎರಡೂ ಚೆಂಡುಗಳು ಒಂದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ನೆಲಕ್ಕೆ ತಲುಪುತ್ತವೆ ಎಂದು ವಾದಿಸಿದರು. ಇದು ನಿಖರವಲ್ಲ, ಏಕೆಂದರೆ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುವ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಬಲವು ಅದರ ರಾಶಿಯಿಂದ ಸ್ವತಂತ್ರವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ವಿಭಿನ್ನ ರಾಶಿಗಳ ವಸ್ತುಗಳು ಒಂದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ನೆಲಕ್ಕೆ ಬೀಳುವುದು, ಅವುಗಳ ಮೇಲೆ ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಬಲ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬ

ಚಿತ್ರ 3. ಚೆಂಡನ್ನು ಹೊಡೆಯಲು ಬಳಸಲಾಗುವ ಬಲವು ಅದರ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುವುದನ್ನು ಎಷ್ಟು ಅವಧಿಯವರೆಗೆ ಮುಂದುವರಿಸುತ್ತದೆ?
ಕೃಪೆ: Anil Sharma. URL: https://www.pexels.com/photo/man-playing-cricketmatch-16062162/.
ಪರವಾನಗಿ: CC0.

ಕಾರಣಕ್ಕಾಗಿಯಲ್ಲ, ಬದಲಾಗಿ, ಅವು ಸಮಾನ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷವನ್ನು (ಗುರುತ್ವ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷ) ಅನುಭವಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬ ಕಾರಣಕ್ಕಾಗಿ.

ಐದನೇ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಪ್ರಸ್ತುತಪಡಿಸಿದಾಗ (ನೋಡಿ: **ಪ್ರಶ್ನೆ V: ಎಸೆತದ ಬಲವು ಎಷ್ಟು ಅವಧಿಯವರೆಗೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ?**), ಬಂದ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳು ವಿಭಿನ್ನವಾಗಿದ್ದವು ಮತ್ತು ಆಸಕ್ತಿಕರವಾಗಿದ್ದವು. ಬಿಂದು A ನಲ್ಲಿ ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ಎರಡು ಬಲಗಳು– ಚೆಂಡನ್ನು ಎಸೆದ ಬಲ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವದ ಬಲ– ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದು ಎಲ್ಲರೂ ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡರು. ಕೆಲವರು ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ಗಾಳಿಯ ಘರ್ಷಣೆಯ ಬಲವೂ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ಸರಿಯಾಗಿ ಸೂಚಿಸಿದರು. ಹದಿನಾರು ಜನ (62%) ಚೆಂಡು ನೆಲಕ್ಕೆ ತಲುಪುವವರೆಗೂ ಎಸೆತದ ಬಲವು ಅದರ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುವುದನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸುತ್ತದೆ, ಆದರೆ ಚೆಂಡಿನ ಪಥದ ಪ್ರತಿ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಆ ಬಲದ ಪ್ರಮಾಣ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಿದರು. ಈ ಕಾರಣಕ್ಕಾಗಿ ಎಸೆತದ ಬಲವು ಬಿಂದು B ಯಲ್ಲಿ ಗುರುತ್ವದ ಬಲಕ್ಕೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಬಿಂದು C ಯಲ್ಲಿ ಗುರುತ್ವದ ಬಲಕ್ಕಿಂತ ತುಂಬಾ ದುರ್ಬಲವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ತರ್ಕಿಸಿದರು. ಹತ್ತು ಜನ (38%) ಎಸೆತದ ಬಲವು ಬಿಂದು B ಯಲ್ಲಿ ಸೊನ್ನೆಯಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಬಿಂದು C ಯಲ್ಲಿ ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುವ ಏಕೈಕ ಬಲ ಗುರುತ್ವವಾಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನು ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಿದರು.

ಚರ್ಚೆಯ ಈ ಹಂತದಲ್ಲಿ, ಒಂದು ಚೆಂಡನ್ನು ಒಂದು ಬ್ಯಾಟಿನಿಂದ ಹೊಡೆದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಚೆಂಡಿನ ಪಥವನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸಿ ಎಷ್ಟು ಅವಧಿಯವರೆಗೆ ಈ ಬಲವು ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುವುದನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಊಹಿಸಲು ಕೇಳಿದೆ (ಚಿತ್ರ 3ನ್ನು ನೋಡಿ). ಚೆಂಡನ್ನು ಹೊಡೆಯುವ ಬಲವು ಅದು ನೆಲವನ್ನು ತಲುಪುವವರೆಗೂ ವರ್ತಿಸುವುದನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬ ಅಭಿಪ್ರಾಯವನ್ನು ಎಲ್ಲರೂ ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಿದರು. ಹಾಗಾದರೆ ಚೆಂಡು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದೂರವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸಿದ ನಂತರ ನಿಲ್ಲುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಿಲ್ಲದೇ ಚಲಿಸುವುದನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಬೇಕಿತ್ತಲ್ಲವೇ ಎಂಬ ಪ್ರತಿವಾದವನ್ನು ಮುಂದಿಟ್ಟೆ. ಈ ಅಂಶವನ್ನು ಮತ್ತಷ್ಟು ಸ್ಪಷ್ಟಪಡಿಸಲು, ಗುರುತ್ವದ ಅನುಪಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಚೆಂಡಿನ ಪಥವನ್ನು ಊಹಿಸಲು ಕೇಳಿದೆ. ಗುರುತ್ವ-ಮುಕ್ತ ಪರಿಸರದಲ್ಲಿ ಚೆಂಡು ಒಂದು ಸರಳ ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವುದನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸುತ್ತಿತ್ತು ಎಂಬುದನ್ನು ಅವರು

ಬಾಕ್ಸ್ 3. ಕಾರ್ಯಾಗಾರದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು:

ಈ ಅವಧಿಯ ಅಂತ್ಯದ ವೇಳೆಗೆ, ಹಲವರು ಈ ಸಂಗತಿಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಆರಂಭಿಸಿದ್ದರು:

- ನ್ಯೂಟನ್‌ನ ಮೂರನೇ ನಿಯಮದ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ಬಲಗಳು ಜೋಡಿಯಾಗಿ ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ.
- ಮುಕ್ತವಾಗಿ ಪತನವಾಗುವ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲೆ ಕೇವಲ ಗುರುತ್ವ ಬಲ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ

ಈ ಅಭ್ಯಾಸಗಳಿಗೆ ದೊರೆತ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಗಳು, ಹಲವು ಬಾರಿ ಗುರುತಿಸಲು ಕಷ್ಟವಾಗಿರುವ ಇನ್ನೂ ಮೂರು ಸಂಗತಿಗಳನ್ನು ಬೆಳಕಿಗೆ ತಂದವು:

- ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿಗೆ ಲಂಬವಾಗಿ ವರ್ತಿಸುವ ಬಲವು ಯಾವುದೇ ಕೆಲಸವನ್ನು ಮಾಡುವುದಿಲ್ಲ.
- ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಚಲನೆಯನ್ನು ಉಳಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಯಾವುದೇ ಬಲದ ಅಗತ್ಯವಿಲ್ಲ.
- ಒಂದು ನಿಗದಿತ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ವರ್ತಿಸುವ ವಿವಿಧ ಬಲಗಳ ವಿಘಟನೆಯನ್ನು (resolution) ಊಹಿಸಲು ನ್ಯೂಟನ್‌ನ ಚಲನೆಯ ನಿಯಮಗಳು ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತವೆ.

ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡರು. ನ್ಯೂಟನ್‌ನ ಚಲನೆಯ ಮೊದಲನೇ ನಿಯಮವನ್ನು ಉಲ್ಲೇಖಿಸಿ, ಚೆಂಡಿನ ಪಥವನ್ನು ಚಲನೆಯ ಜಡತ್ವದಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ ಹೊರತು ಹೊಡೆತದ ಬಲದಿಂದಲ್ಲ ಎಂದು ವಾದಿಸಿದರು. ಪ್ರಶ್ನೆ Vರಲ್ಲಿ ಚೆಂಡಿನ ವಕ್ರ ಪಥಕ್ಕೆ ಗುರುತ್ವ ಕಾರಣ ಎಂದು ತರ್ಕಿಸಬಹುದೇ ಎಂದು ಕೇಳಿದೆ. ಒಂದಿಷ್ಟು ಚರ್ಚೆಯ ನಂತರ ಹಲವರು ಈ ತರ್ಕವನ್ನು ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡರು. ಆದಾಗ್ಯೂ, ಕೆಲವರು ತಮ್ಮ ಅಸಮಾಧಾನವನ್ನು ಹೊರಹಾಕಿದರು. ಅವರಲ್ಲಿ ಒಬ್ಬರು ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಯನ್ನು ಎತ್ತಿದರು: “ಕೇವಲ ಗುರುತ್ವದ ಪ್ರಭಾವದ ಅಡಿಯಲ್ಲೇ ಚೆಂಡು ವಕ್ರ ಪಥದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವುದು ಹೇಗೆ ಸಾಧ್ಯ? ಚಲನೆಯ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿ ವರ್ತಿಸುವುದನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸುವ ಒಂದು ಬಲವನ್ನು ಈ ಪಥವು ಸೂಚಿಸುವುದಿಲ್ಲವೇ?” ನಾನು ಚರ್ಚೆಯನ್ನು ಮತ್ತೆ ಪ್ರಶ್ನೆ III ಕ್ಕೆ ತಿರುಗಿಸಿ, ವಿಭಿನ್ನ ರಾಶಿಗಳ ವಸ್ತುಗಳು ಒಂದೇ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದೊಂದಿಗೆ ನೆಲಕ್ಕೆ ಬಿದ್ದಿದ್ದವು ಎಂಬುದನ್ನು ನೆನಪಿಸಿದೆ. ಇದು ಕೆಲವರು ಪ್ರಶ್ನೆ IV ರಲ್ಲಿನ ಎರಡೂ ಚೆಂಡುಗಳು

ಒಂದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ನೆಲಕ್ಕೆ ಬೀಳುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಮೇಜಿನಿಂದ ಒಂದೇ ದೂರವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸುತ್ತವೆ ಎಂದು ತೀರ್ಮಾನಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿತು.

ಅಂತಿಮ ನುಡಿ

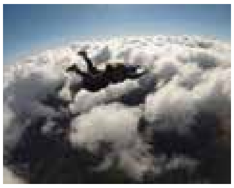
ಕಾರ್ಯಾಗಾರದಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸಿದವರು ನ್ಯೂಟನ್‌ನ ಚಲನೆಯ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವದ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಹೇಳಬಲ್ಲವರಾಗಿದ್ದರೂ, ಅವರಲ್ಲಿ ಅವೆರಡರ ಕುರಿತಾಗಿಯೂ ಅಸಮರ್ಪಕ ತಿಳಿವಳಿಕೆ ಇತ್ತು. ಈ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳ ಸುತ್ತಲಿನ ಕೆಲವು ಪರ್ಯಾಯ ತಿಳಿವಳಿಕೆಗಳನ್ನು ಹೊರತರಲು ಈ ಕಾರ್ಯಾಗಾರ ಸಹಾಯ ಮಾಡಿತು. ಈ ತಿಳಿವಳಿಕೆಗಳು, ಯಾಂತ್ರಿಕ ಬಲ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವ ಬಲ, ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಬಲ, ಹಾಗೂ ವೇಗ ಮತ್ತು ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದ ನಡುವಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಗುರುತಿಸುವಲ್ಲಿನ ಅಸಮರ್ಥತೆಯಿಂದ ರೂಪುಗೊಂಡಿದ್ದವು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಈ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಅವರು ಚಲನೆ ಮತ್ತು ಜಡತ್ವದ ನಡುವೆ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸುವ ಬದಲಿಗೆ ಚಲನೆ ಮತ್ತು ಬಲದ ನಡುವೆ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸಿದರು. ಅಲ್ಲದೇ, ದೂರಕ್ಕೆ ಎಸೆದ ಚೆಂಡಿನ ವಕ್ರ ಪಥ ಮತ್ತು ಗುರುತ್ವದ ನಡುವೆ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸುವ ಬದಲಿಗೆ ವಕ್ರ ಪಥ ಮತ್ತು ಬಲದಂತಹ ಪ್ರೇರಣೆ ಅಥವಾ ಪ್ರಚೋದನೆಯ ನಡುವೆ ಸಂಬಂಧ ಕಲ್ಪಿಸಿದರು. ಬಲದ ಕುರಿತಾದ ಅನೇಕ ಗೆಲಿಲಿಯೋ-ಪೂರ್ವ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟನ್-ಪೂರ್ವ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳ ರೀತಿ, ಈ ಪರ್ಯಾಯ ತಿಳಿವಳಿಕೆಗಳು ವೈಯಕ್ತಿಕ ದೋಷಗಳು ಅಥವಾ ಅರಿವಿನ ಮಿತಿಗಳ ಬದಲು ನಿಜ ಜೀವನದ ಅನುಭವಗಳ ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಗಳಿಂದ ಹುಟ್ಟಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.

ಬಹಳಷ್ಟು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಪರ್ಯಾಯ ತಿಳಿವಳಿಕೆಗಳು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಕರಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟೊಂದು ಆಳವಾಗಿ ಬೇರೂರಿರುತ್ತವೆ ಎಂದರೆ, ಕೇವಲ ತಪ್ಪುಗಳನ್ನು ಎತ್ತಿ ತೋರಿಸುವುದರಿಂದ ಅಥವಾ ಸರಿಯಾದ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಹಂಚಿಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ ಅವರ ಅರಿವನ್ನು ಬದಲಿಸುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಕಡಿಮೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಸಂರಕ್ಷಿತ ಪರಿಮಾಣವಾಗಿರದೇ ಅಥವಾ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಗುಣಲಕ್ಷಣವಾಗಿರದೇ ಬಲವು ಶಕ್ತಿಗಿಂತ ಭಿನ್ನವಾಗಿದೆ ಎಂದು ಭಾಗಿದಾರರಿಗೆ ನಾನು ನೆನಪಿಸಿದ್ದರೂ, ಈ ಅರಿವನ್ನು ಪ್ರಶ್ನೆ V ಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸಲು ಅವರು ಅಸಮರ್ಥರಾಗಿದ್ದರು. ಬಲದ ಕಾರ್ಯವಿಧಾನವನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಕೂಡ ಪರ್ಯಾಯ ತಿಳಿವಳಿಕೆಗಳನ್ನು ವಿರೋಧಿಸಲು ಸಾಕಾಗದಿರಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಮುಕ್ತವಾಗಿ ಪತನವಾಗುತ್ತಿರುವ (free fall) ಎಲ್ಲಾ ವಸ್ತುಗಳು ನೆಲದ ಕಡೆಗೆ ಒಂದೇ ಕ್ಷಿಪ್ರತೆಯೊಂದಿಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ವಿವರವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಹೊರತಾಗಿಯೂ, ವಸ್ತುವು ನೆಲಕ್ಕೆ ಬಿದ್ದ ನಂತರ ಕ್ರಮಿಸುವ ಅಡ್ಡ ದೂರವನ್ನು ಅದರ ರಾಶಿಯು ಪ್ರಭಾವಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬ ತಮ್ಮ ಮುಂಚಿನ ಅರಿವಿಗೆ ಬದ್ಧರಾಗಿದ್ದರು.

ಶಿಕ್ಷಕರು ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಕ ಪ್ರಶಿಕ್ಷಕರೊಂದಿಗಿನ ಈ ಅನುಭವವು ವೈಯಕ್ತಿಕ ಪರಿಕಲ್ಪನಾ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳನ್ನು ಪರಿಶೋಧಿಸುವಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಅವುಗಳಿಗೆ ಸವಾಲೊಡ್ಡುವಲ್ಲಿ ಅಂತರ್ಬೋಧೆಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾದ (counterintuitive) ಉದಾಹರಣೆಗಳ ಸುತ್ತಲಿನ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳು ಹೇಗೆ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಬಲ್ಲವು ಎಂಬುದನ್ನು ನಿದರ್ಶಿಸುತ್ತದೆ (ಬಾಕ್ಸ್ 3ನ್ನು ನೋಡಿ). ನಾನು ಇಲ್ಲಿ ಹಂಚಿಕೊಂಡಿರುವ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಭಿನ್ನ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಪ್ರಶ್ನೆ I ಮತ್ತು IIರ ಸಮಸ್ಯಾ ಸಂದರ್ಭಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಒಂದೇ ತೂಕವಿರುವ ಇಬ್ಬರು ವ್ಯಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ತೋರಿಸಬಹುದು. ಅದೇ ರೀತಿ, ಪ್ರಶ್ನೆ IVರ ಸಂದರ್ಭವನ್ನು ವಿಭಿನ್ನ ಎತ್ತರಗಳಿಂದ ಎರಡು ಚೆಂಡುಗಳನ್ನು (ಟೊಳ್ಳಾದ ಮತ್ತು ಘನ ಚೆಂಡುಗಳು) ಕೆಳಕ್ಕೆ ಬಿಡುವ ಮೂಲಕ ತೋರಿಸಬಹುದು. ಅಥವಾ ಈ ಪ್ರದರ್ಶನಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ಕುರ್ಚಿಗಳು ಅಥವಾ ಎರಡು ಚೆಂಡುಗಳು ಕ್ರಮಿಸುವ ದೂರಗಳನ್ನು ಅಳೆದು ಹೋಲಿಸಲು ಭಾಗಿದಾರರಿಗೆ ಕೇಳಬಹುದು. ಚರ್ಚೆಯಲ್ಲಿ ಉದ್ಭವಿಸುವ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪರಿಕಲ್ಪನಾ ದೋಷಗಳಿಗೆ ಹೊಂದುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಸಂದರ್ಭಗಳನ್ನು ಪ್ರಸ್ತುತಪಡಿಸುವ ಕ್ರಮವನ್ನು ಬದಲಿಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ನಿಮ್ಮ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಅಥವಾ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳ ಜೊತೆಗೆ ಪರಿಶೋಧಿಸಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿ. ನೀವು ಸಮಸ್ಯಾ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಮಾಡುವಿರಿ? ಯಾವ ಪರ್ಯಾಯ ತಿಳಿವಳಿಕೆಗಳನ್ನು ನೀವು ಹೊರಗೆಡಹುವಿರಿ?

ಪ್ರಮುಖ ಕಲಿಕೆಗಳು



- ಬಲ ಮತ್ತು ನ್ಯುಟೋನಿಯನ್ ಬಲವಿಜ್ಞಾನಗಳು ಪ್ರಾಥಮಿಕ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ಮೂಲಭೂತ ಅಂಶಗಳಾಗಿದ್ದರೂ, ಹಲವು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಕರು ಈ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳ ಪರ್ಯಾಯ ತಿಳಿವಳಿಕೆಗಳನ್ನು ಬೆಳೆಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ.
- ಹಲವು ಪರ್ಯಾಯ ತಿಳಿವಳಿಕೆಗಳು ಬಲದ ಕುರಿತಾದ ಗೆಲಿಲಿಯೋ-ಪೂರ್ವ ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟನ್-ಪೂರ್ವ ಪರಿಕಲ್ಪನೆಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಾಮ್ಯತೆ ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ವೈಯಕ್ತಿಕ ದೋಷಗಳು ಅಥವಾ ಅರಿವಿನ ಮಿತಿಗಳ ಬದಲು ನಿಜ ಜೀವನದ ಅನುಭವಗಳ ಸೀಮಿತ ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಗಳಿಂದ ಹುಟ್ಟಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ.
- ಈ ಪರ್ಯಾಯ ತಿಳಿವಳಿಕೆಗಳು ಎಷ್ಟೊಂದು ಆಳವಾಗಿ ಬೇರೂರಿರುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದರೆ, ನಿಖರವಾದ ಸಿದ್ಧಾಂತ ಅಥವಾ ಬಲದ ಕಾರ್ಯವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳೊಂದಿಗೆ ಅವುಗಳನ್ನು ಎದುರಿಸುವುದು ಕಷ್ಟಕರವಾಗಬಹುದು.
- ಅಂತರ್ಬೋಧೆಗೆ ವಿರುದ್ಧವಾದ ನಿಜ ಜೀವನದ ಸಮಸ್ಯಾ ಸಂದರ್ಭಗಳ ಸುತ್ತಲಿನ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಅಥವಾ ಶಿಕ್ಷಕರಿಗೆ ಪ್ರಸ್ತುತಪಡಿಸುವುದು ಪರ್ಯಾಯ ಪರಿಕಲ್ಪನಾ ಚೌಕಟ್ಟುಗಳನ್ನು ಹೊರತಂದು ಅವುಗಳಿಗೆ ಸವಾಲೊಡ್ಡುವಲ್ಲಿ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಬಹುದು.

ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳು:

ಲೇಖಕರು ಕಾರ್ಯಾಗಾರದಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸಿದವರಿಗೆ, ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ಫೌಂಡೇಷನ್‌ನ ಉಧಮ್ ಸಿಂಘ್ ನಗರ ಜಿಲ್ಲಾ ಸಂಸ್ಥೆಯ ವಿಜ್ಞಾನ ತಂಡದ ಸದಸ್ಯರಿಗೆ ಮತ್ತು ಅನಾಮಧೇಯ ಪರಿಶೀಲಕರಿಗೆ ಆಭಾರಿಯಾಗಿದ್ದಾರೆ.

ಟಿಪ್ಪಣಿಗಳು:

1. ಈ ಲೇಖನವು ಮೊದಲಿಗೆ ಐ ವಂಡರ್‌ನ ಜನವರಿ 2017ರ ಸಂಚಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಪುಟ 44–49ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟವಾಗಿತ್ತು. ಮೂಲ ಕರಡನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು: https://publications.azimpremjiuniversity.edu. in/1279/. ಈ ಸಂಚಿಕೆಯು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಆವೃತ್ತಿಯನ್ನು ಶಾಲಾ ಶಿಕ್ಷಕರಿಗಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದು ಐದು ಪ್ರಶ್ನೆ ಹಾಳೆಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿದೆ.
2. ಲೇಖನದ ಶೀರ್ಷಿಕೆಯ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗಿರುವ ಚಿತ್ರದ ಕೃಪೆ: Free fall. URL: https://www.rawpixel.com/image/5945830/free–public–domain–cc0–photo. ಪರವಾನಗಿ: CC0.License: CC0.

ಪರಾಮರ್ಶನ:

1. Clement J (1982). 'Students' Preconceptions in Introductory Mechanics'. American Journal of Physics, 50 (1): 66-71.
2. Halloun IA & Hestenes D (1985). 'Common Sense Concepts About Motion'. American Journal of Physics, 53 (11): 1056-1065.
3. Rampal A (1995). 'Where the Force is Absent?'. Sandarbh, 3 (1): 19-33.
4. Trumper R (1995). 'The Need for Change in Elementary-school Teacher Training: The Force Concept as an Example'. Asia-Pacific Journal of Teacher Education, 26 (1): 7-25.
5. Shome S (2013). 'When Objects Fail to Move Despite Force Being Exerted!'. Voices of Teachers and Teacher Educators, 2 (2): 38-43.
6. Jammer M (1962). 'Concepts of Force'. Harper Torchbooks.
7. Halliday, D, Resnick, R, & Walker, J (2013). Fundamentals of Physics. New York: John Wiley & Sons.
8. Hestenes D, Wells M, and Swackhamer G (1992). 'Force Concept Inventory'. The Physics Teacher, 30 (3): 141-158.
9. Shome S (2020). 'Do Heavy Objects Fall Faster Than Lighter Objects?'. Sandarbh, 126. URL: https://www.eklavya.in/magazine-activity/sandarbh-magazines/581-sandarbh-121-to-130/613-sandarbh-issue-126/3590-kya-bhari-vastuyen-halki-vastuon-ki-tulna-me-tezi-se-girti-hai.

ಸೌರವ್ ಶೋಮ್ ಭೋಪಾಲದ ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದಲ್ಲಿ ಅಧ್ಯಾಪಕರಾಗಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಾರೆ. ಅವರ ಸಂಶೋಧನಾ ಆಸಕ್ತಿಗಳಲ್ಲಿ ಯೋಜನಾಧಾರಿತ ಕಲಿಕೆ, ಶಿಕ್ಷಕರ ವೃತ್ತಿಪರ ಅಭಿವೃದ್ಧಿ, ಮತ್ತು ಭಾರತದಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಣ ಸೇರಿವೆ. ಈ ಲೇಖನವು ಮೊದಲ ಬಾರಿ ಪ್ರಕಟವಾದಾಗ ಸೌರವ್ ಅವರು ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ಫೌಂಡೇಷನ್‌ನಲ್ಲಿ ಶಿಕ್ಷಕ ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಕ ಪ್ರಶಿಕ್ಷಕರಾಗಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿದ್ದರು.
ಅವರ ಸಂಪರ್ಕ ವಿಳಾಸ: saurav.shome@apu.edu.in.

ಅನುವಾದ: **ವಿಶ್ವಾಸ್ ಸೊಲಗಿ** | ಪರಿಶೀಲನೆ: **ಬಿ. ಎಂ. ಚಂದ್ರಶೇಖರ್**

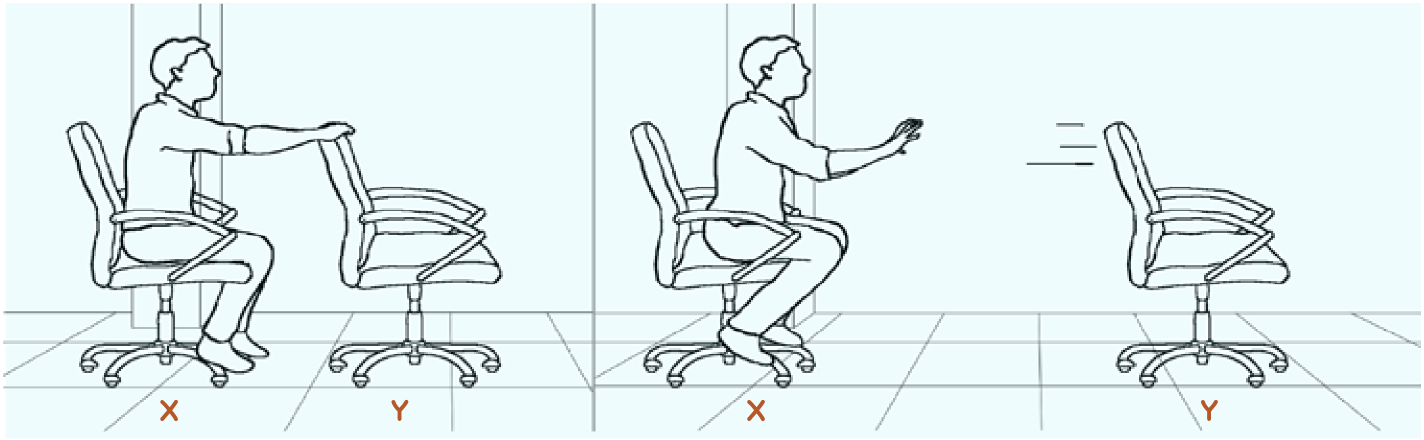
ಕಾರ್ಯನಿರತ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಕ

ಪ್ರಶ್ನೆ I: ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವುದು ಯಾವುದು?

ಸಮಸ್ಯೆಯ ಸಂದರ್ಭ:

ಗಾಲಿಗಳಿರುವ ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ಎರಡು ಕುರ್ಚಿಗಳಾದ X ಮತ್ತು Y ಗಳನ್ನು ಒಂದರ ಮುಂದಿನ್ನೊಂದನ್ನು ಇರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅವು ಒಂದೇ ದಿಕ್ಕಿನೆಡೆಗೆ ಮುಖ ಮಾಡಿವೆ. ಒಬ್ಬರು ಕುರ್ಚಿ X ಮೇಲೆ ಕುಳಿತುಕೊಂಡು ತಮ್ಮ ಕೈಯನ್ನು ಕುರ್ಚಿ Y ನ ಹಿಂಭಾಗದ ಮೇಲೆ ಇರಿಸುತ್ತಾರೆ. ನಂತರ ಕುರ್ಚಿ Y ಅನ್ನು ಒಮ್ಮೆಲೇ ತಳ್ಳುತ್ತಾರೆ.

ಇದನ್ನು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿ ಫಲಿತಾಂಶವನ್ನು ಗಮನಿಸಿ.



ಪ್ರಶ್ನೆ:

ಈ ಕೆಳಗಿನವುಗಳಲ್ಲಿ ಸರಿಯಾದ ಹೇಳಿಕೆಗಳು ಯಾವುವು?

A) ವ್ಯಕ್ತಿಯಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಕುರ್ಚಿ Y ಆಗಲಿ, ಪರಸ್ಪರ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

B) ವ್ಯಕ್ತಿಯು ಕುರ್ಚಿ Y ನ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ, ಆದರೆ ಕುರ್ಚಿY ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಮೇಲೆ ಯಾವುದೇ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

C) ವ್ಯಕ್ತಿಯು ಕುರ್ಚಿ Y ನ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ Y ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತದೆ. ವ್ಯಕ್ತಿಯು ಕುರ್ಚಿ Y ನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಬಲಕ್ಕಿಂತ ಕುರ್ಚಿ Y ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಬಲವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ.

D) ವ್ಯಕ್ತಿಯು ಕುರ್ಚಿ Y ನ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ Y ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತದೆ. ಕುರ್ಚಿ Y ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಬಲಕ್ಕಿಂತ ವ್ಯಕ್ತಿಯು ಕುರ್ಚಿ Y ನ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಬಲವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ.

E) ವ್ಯಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ Y ಯಿಂದ ಪರಸ್ಪರರ ಮೇಲೆ ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಬಲವು ಪ್ರಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ.

ನಿಮ್ಮ ಉತ್ತರವನ್ನು ಹೇಗೆ ಸಮರ್ಥಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೀರಿ?

ಲೇಖಕರು:
ಸೌರವ್ ಶೋಮ್, ಇವರು ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ಯೂನಿವರ್ಸಿಟಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಾರೆ.
ಇವರ ಸಂಪರ್ಕ ವಿಳಾಸ: saurav.shome@apu.edu.in.
ಅನುವಾದ: **ವಿಶ್ವಾಸ್ ಸೊಲಗಿ** | ಪರಿಶೀಲನೆ: **ಬಿ. ಎಂ. ಚಂದ್ರಶೇಖರ್**

ಐ ವಂಡರ್... ರೀಡಿಸ್ಕವರಿಂಗ್ ಸ್ಕೂಲ್ ಸೈನ್ಸ್
Azim Premji University

ಕಾರ್ಯನಿರತ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಕ

ಪ್ರಶ್ನೆ II: ಬಲದ ಪ್ರಮಾಣವೆಷ್ಟು?

ಸಮಸ್ಯೆಯ ಸಂದರ್ಭ:

ಗಾಲಿಗಳಿರುವ ಒಂದೇ ರೀತಿಯ ಎರಡು ಕುರ್ಚಿಗಳಾದ X ಮತ್ತು Y ಗಳನ್ನು ಒಂದರ ಮುಂದಿನ್ನೊಂದನ್ನು ಇರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅವು ಒಂದೇ ದಿಕ್ಕಿನೆಡೆಗೆ ಮುಖ ಮಾಡಿವೆ. ಒಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿ ಕುರ್ಚಿ X ನ ಮೇಲೆ ಮತ್ತು ಇನ್ನೊಬ್ಬ ವ್ಯಕ್ತಿ ಕುರ್ಚಿ Y ನ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತುಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ. ಕುರ್ಚಿ Y ನ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಕುರ್ಚಿ X ನ ಮೇಲೆ ಕುಳಿತಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಿಂತ ಸುಮಾರು 1.5 ಪಟ್ಟು ಇದೆ. ಕುರ್ಚಿ X ನ ಮೇಲಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿ ತಮ್ಮ ಕೈಯನ್ನು ಕುರ್ಚಿ Y ನ ಹಿಂಬದಿಯ ಮೇಲಿಟ್ಟು ಅದನ್ನು ಒಮ್ಮೆಲೇ ತಳ್ಳುತ್ತಾರೆ.

ಪ್ರಶ್ನೆ:

ಈ ಕೆಳಗಿನವುಗಳಲ್ಲಿ ಸರಿಯಾದ ಹೇಳಿಕೆಗಳು ಯಾವುವು?

A) ಕುರ್ಚಿ X ನ ಮೇಲಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿಯಾಗಲಿ ಅಥವಾ ಕುರ್ಚಿ Y ಆಗಲಿ, ಪರಸ್ಪರ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

B) ಕುರ್ಚಿ X ನ ಮೇಲಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿ ಕುರ್ಚಿ Y ನ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ, ಆದರೆ ಕುರ್ಚಿ Y ಕುರ್ಚಿ X ನ ಮೇಲಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಮೇಲೆ ಯಾವುದೇ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

C) ಕುರ್ಚಿ Y ಕುರ್ಚಿ X ನ ಮೇಲಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ X ನ ಮೇಲಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿಯು ಕುರ್ಚಿ Y ನ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಕುರ್ಚಿ X ನ ಮೇಲಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿಯು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಬಲಕ್ಕಿಂತ ಕುರ್ಚಿ Y ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಬಲವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ.

D) ಕುರ್ಚಿ Y ಕುರ್ಚಿ X ನ ಮೇಲಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ X ನ ಮೇಲಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿಯು ಕುರ್ಚಿ Y ನ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಕುರ್ಚಿ Y ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಬಲಕ್ಕಿಂತ ಕುರ್ಚಿ X ನ ಮೇಲಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿಯು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವ ಬಲವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ.

E) ಕುರ್ಚಿ Y ಮತ್ತು ಕುರ್ಚಿ X ನ ಮೇಲಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿಯಿಂದ ಪರಸ್ಪರರ ಮೇಲೆ ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಬಲವು ಪ್ರಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ.

F) ಕುರ್ಚಿ Y ಕುರ್ಚಿ X ನ ಮೇಲಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತದೆ, ಆದರೆ ಕುರ್ಚಿ X ನ ಮೇಲಿರುವ ವ್ಯಕ್ತಿಯು ಕುರ್ಚಿ Y ನ ಮೇಲೆ ಬಲವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ನಿಮ್ಮ ಉತ್ತರವನ್ನು ಹೇಗೆ ಸಮರ್ಥಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೀರಿ?

ಐ ವಂಡರ್...
ರೀಡಿಸ್ಕವರಿಂಗ್ ಸ್ಕೂಲ್ ಸೈನ್ಸ್

ಲೇಖಕರು:
ಸೌರವ್ ಶೋಮ್, ಇವರು ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ಯೂನಿವರ್ಸಿಟಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಾರೆ.
ಇವರ ಸಂಪರ್ಕ ವಿಳಾಸ: saurav.shome@apu.edu.in.
ಅನುವಾದ: **ವಿಶ್ವಾಸ್ ಸೊಲಗಿ** | ಪರಿಶೀಲನೆ: **ಬಿ. ಎಂ. ಚಂದ್ರಶೇಖರ್**

Azim Premji University

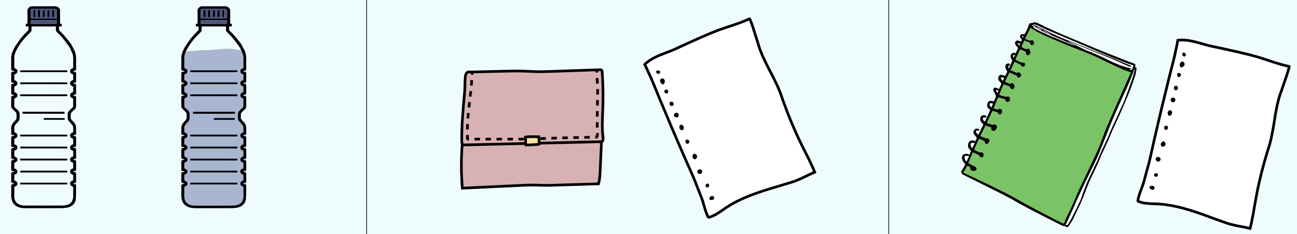
ಕಾರ್ಯನಿರತ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಕ

ಪ್ರಶ್ನೆ III: ಯಾವ ವಸ್ತು ಮೊದಲು ನೆಲದ ಮೇಲೆ ಬೀಳುತ್ತದೆ?

ಸಮಸ್ಯೆಯ ಸಂದರ್ಭ:

ಕೆಳಗೆ ನೀಡಿರುವ ಪ್ರತಿ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲೂ, ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ಎತ್ತರದಿಂದ ನೆಲಕ್ಕೆ ಬಿಡಲಾಗುತ್ತದೆ.

- ಸನ್ನಿವೇಶ 1: ಒಂದು ಖಾಲಿ ಬಾಟಲಿ ಮತ್ತು ಒಂದು ನೀರು ತುಂಬಿರುವ ಬಾಟಲಿ.
- ಸನ್ನಿವೇಶ 2: ಒಂದು ಪರ್ಸು ಮತ್ತು ಒಂದು ಕಾಗದದ ಹಾಳೆ.
- ಸನ್ನಿವೇಶ 3: ಒಂದು ಪುಸ್ತಕ ಮತ್ತು ಅದರಲ್ಲಿನ ಒಂದು ಕಾಗದದ ಹಾಳೆ.



ಸನ್ನಿವೇಶ 1 | **ಸನ್ನಿವೇಶ 2** | **ಸನ್ನಿವೇಶ 3**

ಪ್ರಶ್ನೆ:

ಪ್ರತಿ ಸನ್ನಿವೇಶದಲ್ಲಿಯೂ ಎರಡರಲ್ಲಿ ಯಾವ ವಸ್ತು ಮೊದಲು ನೆಲಕ್ಕೆ ತಲುಪುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ನೀವು ಊಹಿಸಬಹುದೇ? ನೀವು ನಿಮ್ಮ ಊಹೆಗಳನ್ನು ಇತರರೊಂದಿಗೆ ಹಂಚಿಕೊಂಡ ನಂತರ, ಈ ಮೂರು ಸನ್ನಿವೇಶಗಳನ್ನು ಪ್ರಯತ್ನಿಸಿ ನೋಡಿ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಿ!

ನಿಮ್ಮ ಉತ್ತರವನ್ನು ಹೇಗೆ ಸಮರ್ಥಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೀರಿ?

ಐ ವಂಡರ್...
ರೀಡಿಸ್ಕವರಿಂಗ್ ಸ್ಕೂಲ್ ಸೈನ್ಸ್

ಲೇಖಕರು:
ಸೌರವ್ ಶೋಮ್, ಇವರು ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ಯೂನಿವರ್ಸಿಟಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಾರೆ.
ಇವರ ಸಂಪರ್ಕ ವಿಳಾಸ: saurav.shome@apu.edu.in.

ಅನುವಾದ: **ವಿಶ್ವಾಸ್ ಸೊಲಗಿ** | ಪರಿಶೀಲನೆ: **ಬಿ. ಎಂ. ಚಂದ್ರಶೇಖರ್**

Azim Premji University

ಕಾರ್ಯನಿರತ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಕ

ಪ್ರಶ್ನೆ IV: ಯಾವ ವಸ್ತು ಹೆಚ್ಚಿನ ದೂರವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸುತ್ತದೆ?

ಸಮಸ್ಯೆಯ ಸಂದರ್ಭ:

ಒಂದೇ ಗಾತ್ರದ ಎರಡು ಕಬ್ಬಿಣದ ಚೆಂಡುಗಳು ಮೇಜಿನಂತಹ ಒಂದು ಸಮತಟ್ಟಾದ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ಒಂದೇ ವೇಗದೊಂದಿಗೆ ಉರುಳುತ್ತಿರುವುದನ್ನು ಊಹಿಸಿಕೊಳ್ಳಿ. ಎರಡರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಚೆಂಡು ಟೊಳ್ಳಾಗಿದ್ದರೆ, ಇನ್ನೊಂದು ಘನ ಚೆಂಡಾಗಿದೆ. ಘನ ಚೆಂಡು ಟೊಳ್ಳಾದ ಚೆಂಡಿಗಿಂತ 10 ಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಭಾರವಾಗಿದೆ. ಎರಡೂ ಚೆಂಡುಗಳು ಮೇಲ್ಮೈಯ ಅಂಚಿನಿಂದ ಒಂದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಉರುಳಿ ಬೀಳುತ್ತವೆ. ಟೊಳ್ಳಾದ ಚೆಂಡು ಮೇಜಿನ ತಳಭಾಗದಿಂದ ಅಡ್ಡ ದೂರ DH ಅನ್ನು ಕ್ರಮಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಘನ ಚೆಂಡು ಮೇಜಿನ ತಳಭಾಗದಿಂದ ಅಡ್ಡ ದೂರ DS ಅನ್ನು ಕ್ರಮಿಸುತ್ತದೆ.

ಪ್ರಶ್ನೆ:

ಈ ಕೆಳಗಿನ ಯಾವ ಹೇಳಿಕೆಯು DH ಮತ್ತು DS ನಡುವಿನ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಅತ್ಯುತ್ತಮವಾಗಿ ವಿವರಿಸುತ್ತದೆ?

A) DH > DS

B) DH < DS

C) DH = DS

ನಿಮ್ಮ ಉತ್ತರವನ್ನು ಹೇಗೆ ಸಮರ್ಥಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೀರಿ?

ಐ ವಂಡರ್...
ರೀಡಿಸ್ಕವರಿಂಗ್ ಸ್ಕೂಲ್ ಸೈನ್ಸ್

ಲೇಖಕರು:
ಸೌರವ್ ಶೋಮ್, ಇವರು ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ಯೂನಿವರ್ಸಿಟಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಾರೆ.
ಇವರ ಸಂಪರ್ಕ ವಿಳಾಸ: saurav.shome@apu.edu.in.
ಅನುವಾದ: **ವಿಶ್ವಾಸ್ ಸೊಲಗಿ** | ಪರಿಶೀಲನೆ: **ಬಿ. ಎಂ. ಚಂದ್ರಶೇಖರ್**

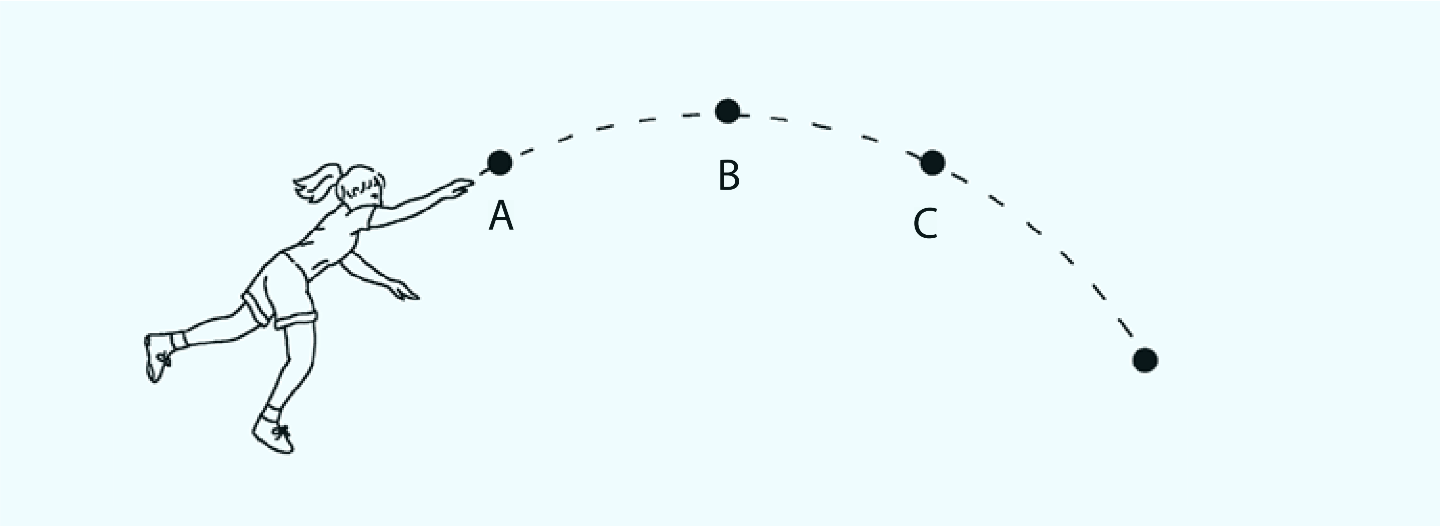
Azim Premji University

ಕಾರ್ಯನಿರತ ವಿಜ್ಞಾನ ಶಿಕ್ಷಕ

ಪ್ರಶ್ನೆ V: ಎಸೆತದ ಬಲವು ಎಷ್ಟು ಅವಧಿಯವರೆಗೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ?

ಸಮಸ್ಯೆಯ ಸಂದರ್ಭ:

ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಲಾದಂತೆ, ಒಬ್ಬ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿನಿ ಒಂದು ಕ್ರಿಕೆಟ್ ಚೆಂಡನ್ನು ಎಸೆಯುತ್ತಾಳೆ.



ಪ್ರಶ್ನೆ:

A, B ಮತ್ತು C ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ನೋಡಿ. ಚೆಂಡಿನ ಪಥದ ಈ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ಅದರ ಮೇಲೆ ಯಾವ ಬಲ (ಬಲಗಳು) ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ (ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ)? ಚೆಂಡಿನ ಮೇಲೆ ಗಾಳಿಯ ಪ್ರತಿರೋಧದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ನಿರ್ಲಕ್ಷಿಸಿ.

ನಿಮ್ಮ ಉತ್ತರವನ್ನು ಹೇಗೆ ಸಮರ್ಥಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತೀರಿ?

ಐ ವಂಡರ್... ರೀಡಿಸ್ಕವರಿಂಗ್ ಸ್ಕೂಲ್ ಸೈನ್ಸ್

ಲೇಖಕರು:
ಸೌರವ್ ಶೋಮ್, ಇವರು ಅಜೀಂ ಪ್ರೇಮ್‌ಜಿ ಯೂನಿವರ್ಸಿಟಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತಾರೆ.
ಇವರ ಸಂಪರ್ಕ ವಿಳಾಸ: saurav.shome@apu.edu.in.
ಅನುವಾದ: **ವಿಶ್ವಾಸ್ ಸೊಲಗಿ** | ಪರಿಶೀಲನೆ: **ಬಿ. ಎಂ. ಚಂದ್ರಶೇಖರ್**

Azim Premji University