

गति र प्रदुर्यान्तरमा देखिने भिन्नता: तुलनात्मक विश्लेषण

Dr. Bhabindra Kunwar

Kathmandu Research and Publication, Kathmandu, Nepal

bhabindraknwr@gmail.com

Received: Aug 23, Reviewed: 11 Oct, Revised: Oct 15, Accepted: Dec 17

लेखसार

गति र प्रदुर्यान्तर भौतिकीमा महत्त्वपूर्ण भूमिका निर्वाह गर्ने तत्जन्य भौतिक परिमाण हुन् । पिण्ड, लम्बाइ, र समयको आधारमा हेर्दा यी दुवै परिमाणका आयामिक सूत्र $M^0L^1T^{-1}$ देखिने भए पनि भूमिकाका आधारमा हेर्दा परस्परमा स्पष्ट भिन्नताहरू फेला पर्छन् । त्यस्ता भिन्नताको विश्लेषण गरिएका खोजमूलक र प्राज्ञिक सामग्रीको अभाव हुँदा भौतिकीका आधारभूत कुरा बुझ्न समस्या हुने देखिन्छ । यो अध्ययन यिनै दुई परिमाणका बीचमा रहेका भिन्नताको विश्लेषण गर्ने उद्देश्यमा केन्द्रित छ । उद्देश्य परिपूर्ति गर्ने सिलसिलामा विषयसँग सम्बद्ध पुस्तक, विभिन्न जर्नलमा प्रकाशित अनुसन्धान लेख, स्थलगत परीक्षणबाट प्राप्त परिणाम, विषयसम्बद्ध समाचार, र अनलाइन स्रोतबाट सङ्कलित तथ्यलाई गुणात्मक विधिबाट विश्लेषण गरी निष्कर्ष प्रस्तुत गरिएको छ । प्राप्त परिणामबाट गति र प्रदुर्यान्तर परस्परमा सम्बन्धित भौतिक परिमाण भए पनि परिभाषा, आधारभूत पक्ष, प्रकृति, एकाइ र आयामिक सूत्र, औचित्य, र अनुप्रायोगिक क्षेत्रका आधारमा ती दुई परिमाणका बीचमा भिन्नता फेला पार्न सकिन्छ । साथै प्रयोगात्मक भूमिकालाई दृष्टिगत गर्दा गतिले दुर्यान्तर र प्रदुर्यान्तर पहिल्याउन भूमिका निर्वाह गर्ने, र प्रदुर्यान्तरले चालकी, सकारण चालकी, र स्थितिकीसँग सम्बन्धित भौतिक परिमाणहरूको वर्णन र मापन गर्न महत्त्वपूर्ण भूमिका निर्वाह गर्ने देखिन आएको छ । तसर्थ यस अध्ययनबाट गणित र भौतिकीसँग सम्बद्ध अनुसन्धाता, भौतिकशास्त्री, वैज्ञानिक, शिक्षक, र विद्यार्थीलाई विशेष रूपले लाभ प्राप्त हुने छ ।

शब्दकुञ्जी गति, दुर्यान्तर, प्रदुर्यान्तर, विस्थापन, समय ।

विषयपरिचय

गति र प्रदुर्यान्तर लम्बाइ र समयमा आधारित तत्जन्य भौतिक परिमाण हुन् । यी दुवै परिमाण बल वा शक्ति वा सामर्थ्य, पिण्डले पार गर्ने दुरी वा विस्थापन, अन्तिम गति, औसत गति, र लागत अवधिको वर्णन र मापन गर्न आवश्यक हुन्छन् (कुँवर, २०१७; शर्मा २०१३) । तसर्थ गति र प्रदुर्यान्तर भौतिकीका महत्त्वपूर्ण तत्जन्य भौतिक परिमाणहरू हुन् । एकाइ समयमा पार हुने दुरी वा लम्बाइ वा विस्थापनको मात्रा गति हो भने प्रदुर्यान्तर भनेको एकाइ समयमा हुने दुर्यान्तर (वा साभा दुरी अन्तर) हो । विशेषतः बल वा शक्ति वा सामर्थ्यसँग सम्बद्ध पक्ष, पिण्डले पार गर्ने दुरी, अन्तिम गति, औसत गति, र अवधिको वर्णन र मापन गर्न भूमिका निर्वाह गर्ने हुँदा त्यी दुई परिमाणका प्रकृति र तिनका बीचको अन्तर वा भिन्नता बुझ्नु सैद्धान्तिक दृष्टिले मात्र होइन व्यवहारिकताका दृष्टिले समेत उपयोगी हुन्छ ।

गति र प्रदुर्यान्तरको तुलनात्मक अध्ययनमा पूर्णतः केन्द्रित भएका प्राज्ञिक सामग्रीहरूको भए पनि गति र केही लेख र समाचारहरूमा भने प्रदुर्यान्तरको सम्बन्ध र भौतिक शास्त्रीय भूमिकाबारे विश्लेषण र टिप्पणी गरिएको पाइन्छ । यस क्रममा यान्त्रिकी र चालका समीकरणहरूको निर्माणमा प्रदुर्यान्तरको महत्त्वपूर्ण भूमिका हुने भनी टिप्पणी गरिएको पाइन्छ (अधिकारी, र शर्मा, २०१६; कुँवर, २०१७क, २०१७ख, २०१७ग; रासस, २०१३, २०१६; शर्मा, २०१३क, २०१३ख, २०१३ग, २०१६क, २०१६ख) । कतिपय अनुसन्धान लेखहरूमा प्रदुर्यान्तर र प्रदुर्यान्तरसम्बद्ध परिमाणका आधारमा विभिन्न भाषाका पाठ्य सामग्रीहरूको वैज्ञानिक र प्राज्ञिक विश्लेषण गरिएको समेत पाइन्छ (कुँवर, २०१७, २०१९क, २०१९ख) ।

मूलतः प्रदुर्यान्तरबारे अध्ययन गरिए पनि गति र प्रदुर्यान्तरका बीचमा देखिने भिन्नतामा नै केन्द्रित भई विश्लेषणात्मक अध्ययन गरिएका प्राज्ञिक सामग्रीको भने अभाव देखिन्छ। यही अभावको परिपूर्ति गर्ने उद्देश्यले तयार पारिएको यस लेखमा गति र प्रदुर्यान्तरको परिचय दिई ती दुई परिमाणका बीचका भिन्नता र भूमिकालाई निश्चित आधारमा गुणात्मक विधिबाट विश्लेषण गरिएको छ। यान्त्रिकीका चालकी, सकारण चालकी र स्थितिकीसम्बद्ध तीनवटै पक्षसँग सम्बन्धित सिद्धान्त, नियम तथा मान्यताको वर्णन गर्न गति र प्रदुर्यान्तर उपयोगी हुन्छन्। यी दुवै परिमाणका आधारभूत परिमाणका रूपमा भने समय र लम्बाइ रहेका हुन्छन् र यिनको आयामिक सूत्र पनि समान नै हुन्छ।

समय आफैमा आधारभूत परिमाण भएकाले पिण्डको गति, स्थिरता, परिवर्तन वा अपरिवर्तनले समयमा कुनै परिवर्तन ल्याउँदैन (कुँवर, २०२४)। समय मापन गर्नका लागि बनेका आधुनिक घडी वा उपकरणले देखाउने वा ती उपकरणमा देखिएको आधारमा जानिने समयको मात्रा गुरुत्व वा गति वा कुनै पनि बाह्य प्रभावका कारण परिवर्तन भएको देखिए पनि वास्तविक समय परिवर्तन हुँदैन। लम्बाइ पनि त्यस्तै आधारभूत भौतिक परिमाण हो र वस्तुको गति, स्थिरता, परिवर्तन वा अपरिवर्तनले लम्बाइ कम हुने वा बढी हुन सम्भव हुँदैन (कुँवर, २०२४)। तसर्थ समय र लम्बाइ आधारभूत भौतिक परिमाण हुन् र तिनै आधारभूत परिमाणका आधारमा गति र प्रदुर्यान्तरको मात्रा बढेको वा घटेको कुरा मापन गर्न र वर्णन गर्न सकिन्छ। तसर्थ गतिको आधारमा लम्बाइ र समयलाई सापेक्ष भौतिक परिमाण भएको देखाउने भौतिक र गणितीय आधार फेला पार्न सम्भव हुँदैन। पिण्डको गति बढ्दो क्रममा रहेका बेला अर्थात् कुनै परिमाणको लगानी बलका कारण पिण्ड क्रमशः बढ्दो गतिमा गतिशील हुँदा दुर्यान्तर देखा पर्न जान्छ (कुँवर, २०७७, २०७९क, २०७९ख)। एकाइ समयको सन्दर्भमा मापन गरिने दुर्यान्तरलाई नै एक शब्दमा प्रदुर्यान्तर भनिन्छ।

हरेक एकाइ समयमा पार भएका दुरीहरूको अनुक्रम तयार पार्दा त्यही अनुक्रमका आधारमा दुर्यान्तरको मात्रा जान्न सकिन्छ। त्यस्ता अनुक्रमित दुरीका पदका बीचमा देखा पर्ने अचल साभ्ना दुरीअन्तरलाई दुर्यान्तर भनिन्छ र प्रति एकाइ समयान्तरालमा देखिएको त्यस्तो दुर्यान्तरलाई प्रदुर्यान्तर भनिन्छ (कुँवर, २०१६, २०१७क, २०७७, २०७९क, २०७९ख)। यसको अर्थ के हो भने प्रदुर्यान्तर जान्नका लागि दुर्यान्तर जान्नु आवश्यक हुन्छ र दुर्यान्तर जान्नका लागि गति जान्नु आवश्यक हुन्छ। गतिको मात्रा अचल नरही परिवर्तन हुने स्थिति रहेमा प्रदुर्यान्तर देखा पर्छ। एकाइ समयमा देखिने यस्तो दुरीअन्तर (वा दुर्यन्तर) लाई साभ्ना गतिअन्तर भनी उल्लेख गरिएको पनि पाइन्छ (कुँवर, २०६७)।

लगानी बल वा अवरोधका कारण चालमा रहेका पिण्डहरू क्रमशः बढ्दो गतिमा वा घट्दो गतिमा रहन सक्छन्। यस्तो बेला हरेक समयखण्डमा गतिको मात्रा बढ्ने वा घट्ने नभई हरेक समयखण्डमा पार हुने दुरीको मात्रा बढ्ने वा घट्ने भइरहेको हुन्छ (कुँवर, २०६७; फिजिक्स रिफर्मेशन क्याम्पियन, २०१३ए, २०१३बी)। यसरी फरकफरक एकाइ समयमा मापन गर्दा वस्तुले पार गरेका दुरी एकपछि अर्को गर्दै फरकफरक परिमाणमा फेला परेको अवस्थामा ती दुरीको अनुक्रम तयार हुन पुग्छ। उक्त अनुक्रममा रहेका गतिको निकटघटक वा निकटपदका बीचको साभ्ना अन्तर नै दुर्यान्तर हुन जान्छ।

प्रदुर्यान्तरलाई कतै दुरी परिवर्तनको दर भनेर चिनाइएको पाइन्छ भने कतै साभ्ना गतिअन्तर, वा एकाइ समयमा देखा पर्ने दुर्यान्तर भनेर पनि चिनाइएको पाइन्छ (कुँवर, २०६७, २०७६; रासस, २०७६)। तर गतिलाई भने एकाइ समयमा पार हुने दुरीको मात्रा वा कुनै पिण्डले एकाइ समयमा पार गरेको छोटो दुरी भनेर चिनाइएको पाइन्छ।

क्रमिक रूपले बढ्दो गतिमा रहेको पिण्डको स्थितिको वर्णन गर्नका लागि गति, दुर्यान्तर, र प्रदुर्यान्तरको मिश्रण भएका सुत्रत समीकरण निकै उपयोगी हुन्छन्। यसरी निरन्तर बढ्दो गतिमा रहने पिण्डको औसत गति निकाल्नका लागि सुरुको गति र अन्तिमको गतिको योगफललाई दुईले भाग गर्ने परम्परागत सूत्रले भन्दा सन्दर्भविन्दुको सङ्ख्या र प्रदुर्यान्तरको गुणनफललाई दुईले भाग गर्ने नवीन सूत्रले सही परिणाम दिने कुरा गणितीय तथ्य र प्रयोगशालीय

परीक्षणसम्बद्ध मापनबाट सिद्ध गरिएको छ (कुँवर, २०१६; रासस, २०७६; अधिकारी र शर्मा, २०७६; शर्मा २०७३क; २०७३ख, २०७३ग, २०७६क, २०७६ख)। यही प्रदुर्यान्तरकै आधारमा बढ्दो गतिमा रहेको पिण्डले निश्चित समयमा पार गरेको दुरी वा पिण्डको विस्थापनको मात्रा पहिल्याउन सहयोग पुग्छ जुन परम्परागत सूत्रभन्दा सही नतिजा दिन सक्षम हुन्छ (हिमालयखबर, २०७३; रासस, २०७३)। साथै यसबाट कुनै पनि पिण्डको गतिको सूक्ष्मदेखि स्थूल तहको परिमाणसमेत अनुमान गर्न सकिन्छ (आरएसएस, २०१९)। यसबाट भौतिकीमा प्रदुर्यान्तर निकै महत्त्वपूर्ण भौतिक परिमाण हो भन्ने कुरा स्पष्ट हुन पुग्छ। समानताका दृष्टिले हेर्दा यी दुवै परिमाणका लागि समय र लम्बाइ आधारभूत परिमाणका रूपमा रहेका हुन्छन्। यति हुँदाहुँदै पनि गति र प्रदुर्यान्तरका बीचमा स्पष्ट अन्तर रहेको हुन्छ। यस कुरालाई उदाहरणबाट थप स्पष्ट गर्न सकिन्छ।

उदाहरणका लागि स्थिर अवस्थामा रहेको कुनै वस्तुले पहिलो सेकेन्डमा १० मिटर, दोस्रो सेकेन्डमा २० मिटर, र तेस्रो सेकेन्डमा ३० मिटर दुरी पार गरेको छ। यस्तो अवस्थामा सरदर गतिका निकट वा क्रमिक पदहरू १० मिटर प्रतिसेकेन्ड, २० मिटर प्रतिसेकेन्ड र ३० मिटर प्रतिसेकेन्ड हुन आउँछन्। गणितीय आधारमा हेर्दा यहाँ हरेक निकट जोडा गतिजन्य पदका बीचमा देखिने अन्तर दुर्यान्तर वा साभा दुरीअन्तर १० मिटर देखिन आउँछ। यही दुर्यान्तर वा साभा गतिअन्तरलाई समयको सन्दर्भमा स्पष्टसँग उल्लेख गर्दा १० मिटर प्रतिसेकेन्ड हुन आउँछ।

यहाँ हरेक समयान्तरालमा गति फरकफरक परिमाणमा देखा परेको छ भने प्रदुर्यान्तर हरेक अन्तरालमा बराबर देखिन गएको छ। अर्थात् एकाइ समयमा भएको विस्थापनको मात्रा गति हो र समयको सन्दर्भमा देखिने दुर्यान्तरचाहिँ प्रदुर्यान्तर हो। यसरी गति र प्रदुर्यान्तरका बीचमा स्पष्ट भिन्नता फेला पर्छन्। यहाँ गति र प्रदुर्यान्तरका बीचमा हुने भिन्नतालाई तिनका परिभाषा, आधारभूत पक्ष, प्रकृति, एकाइ र आयामिक सूत्र, औचित्य, र अनुप्रायोगिक क्षेत्रसम्बद्ध तथ्यका आधारमा विश्लेषण गरी ठम्याइएको छ।

अध्ययन विधि र तुलनाका आधार

यस लेखमा गति र प्रदुर्यान्तरका बीचका भिन्नतालाई पहिल्याउनका लागि प्रयोगशालीय परीक्षणसम्बद्ध तथ्य र पाठ्य सामग्रीबाट प्राप्त वस्तुनिष्ठ तथ्यहरू सङ्कलन गर्ने र गुणात्मक विधिबाट विश्लेषण गर्ने कार्य गरिएको छ। विश्लेषणका लागि भौतिकीसम्बद्ध चालकी, सकारण चालकी, र स्थितिकीसँग सम्बन्धित मान्यता, आयामिक सूत्र, र अनुक्रम र श्रेणीसम्बद्ध गणितीय आधारहरूको प्रयोग गरिएको छ। यिनै भौतिकीय र गणितीय आधारलाई केन्द्रमा राखी परिभाषा, आधारभूत पक्ष, प्रकृति, एकाइ र आयामिक सूत्र, औचित्य, र अनुप्रायोगिक क्षेत्रका दृष्टिबाट गति र प्रदुर्यान्तरका बीचमा तुलनात्मक विश्लेषण गरी निष्कर्ष प्रस्तुत गरिएको छ।

परिभाषामा आधारित विश्लेषण

गति र प्रदुर्यान्तर दुवै समय र लम्बाइमा आधारित तत्जन्य सदिश भौतिक परिमाणहरू हुन्। ती परिमाणका परिभाषा वा बुझाइलाई आधार मान्दा तिनका बीचमा केही भिन्नता फेला पर्छन्। गति एकाइ समयमा पार हुने लम्बाइ हो। गतिको निर्मितमा समय र लम्बाइको भूमिका रहेको हुन्छ। निश्चित परिमाणको विस्थापनको मात्रा पूरा हुन लाग्ने समय कम वा बेसी हुन सक्छ अथवा एकाइ समयमा पार हुने दुरीको मात्रा धेरै वा थोरै हुन सक्छ। यसकै आधारमा कुनै पनि वस्तुको चालको स्थिति थाह पाउन सकिन्छ। वस्तुको चालको यस्तै स्थितिका बीच एकाइ समयमा पार भएको दुरीको मात्रा मापन गरी गति निर्धारण गरिन्छ। यसको अर्थ के हो भने मानिएको अचल परिमाणको समयावधिमा कुनै पिण्डले पार गर्ने विस्थापनको मात्रा नै गति हो। उदाहरणका लागि कुनै साइकल (क) ले एक सेकेन्डमा ५ मिटरको दुरी पार गर्छ र अर्को साइकल (ख) ले एक सेकेन्डमा ४ मिटरको दुरी पार गर्छ भने पहिलो साइकलको गति धेरै देखिन आउँछ। त्यसैले

समयको एकाइ खण्डको सन्दर्भ विन्दुमा प्राप्त गर्न सकिने विस्थापनको मात्रा गति हो । यो परिमाण मूलतः विस्थापनको मात्रामा केन्द्रित हुन्छ ।

गतिको निर्माणमा मात्र होइन प्रदुर्यान्तरको निर्माणमा पनि समय र लम्बाइ आधारभूत परिमाणका रूपमा रहेका हुन्छन् । गतिजस्तो कुनै वस्तुले एकाइ समयमा दुरी पार गर्दैमा मात्र प्रदुर्यान्तर देखा पर्दैन । बरु एकाइ समयमा पार हुने विस्थापनको मात्रा बढ्दो वा घट्दो क्रममा रहेको स्थिति हुँदा प्रदुर्यान्तर देखा पर्दछ । यसर्थ प्रदुर्यान्तर देखिएका बेला एकाइ समयमा पार हुने दुरीको मात्रा बढ्दा वा घट्दा अधिल्ला र पछिल्ला निकट घटकका रूपमा रहेका समयान्तरालमा पार गरिएका विस्थापनका बीचमा कुनै न कुनै अन्तर (दुर्यान्तर) फेला पर्दछ ।

दुर्यान्तर भौतिक विज्ञानको महत्त्वपूर्ण भौतिक परिमाण हो (शर्मा, २०७३क) । यही दुर्यान्तरका आधारमा नै प्रदुर्यान्तर निर्धारण गर्न सम्भव हुन्छ । एकाइ समयमा देखिने दुर्यान्तरको मात्रा नै प्रदुर्यान्तर हो । अर्थात् दुर्यान्तरलाई समयका एकाइको सन्दर्भमा उल्लेख गर्दा दुर्यान्तर प्रतिसेकेन्ड बन्न जान्छ । समयका सन्दर्भमा अर्थाइने यही परिमाण नै प्रदुर्यान्तर हो ।

प्रदुर्यान्तर कतै प्रचलित परम्पराको प्रवेग नै त होइन भन्ने जिज्ञासा पनि उत्पन्न हुन सक्छ । प्रवेग र प्रदुर्यान्तर नितान्त फरक कुरा हुन् । प्रवेगको स्थापना गर्दा समयको वर्ग रूपको कल्पना गरिएको देखिन्छ भने प्रदुर्यान्तर बढ्दो गतिका बीचमा देखिने साभ्ना अन्तर मापन गरेर अड्कगणितीय अनुक्रमका आधारमा पहिल्याइन्छ (कुँवर, २०६७) । यसर्थ बढ्दो गतिका बीचमा देखा पर्ने र गणितीय आधारमा पुष्टि हुने साभ्ना गतिअन्तर प्रदुर्यान्तर हो भने एकाइ समयमा परिवर्तन हुने गतिका रूपमा प्रचलित परिमाण प्रवेग हो । बढ्दो गतिमा रहेको पिण्डले हरेक एकाइ समयमा पार गर्ने दुरीको मात्रा बढ्दै जाने हुँदा साभ्ना दुरीअन्तर र समयान्तरालका आधारमा प्रदुर्यान्तरको अस्तित्व वैज्ञानिक आधारमा नै पुष्टि गर्न सकिने भए पनि प्रवेगको अस्तित्व पुष्टि गर्ने गणितीय आधार फेला पार्न सकिएको देखिँदैन (कुँवर, २०२५) । यसबाट प्रवेगभन्दा भिन्नै र हरेक एकाइ समयमा साभ्ना रूपमा थप हुँदै जाने विस्थापन वा सदिश छोटो दुरीको मात्रा (वा दुर्यान्तर) नै (एक शब्दमा) प्रदुर्यान्तर हो भन्ने स्पष्ट हुन्छ ।

विभिन्न समयमा गरिएका परीक्षणसम्बद्ध तथ्य र तिनमा आधारित गणितीय विश्लेषणबाट गति र प्रदुर्यान्तरका बीचमा भिन्नता रहेको देखिएको हो । विशेष गरी वि.सं. २०६१ देखि २०७३ सम्म गोड्गबु, युनाइटेड स्कलर्स एकेडेमी कलङ्की, ताल्डीखेल, र चितवनमा गरिएका विभिन्न परीक्षणबाट प्रदुर्यान्तर र प्रदुर्यान्त र सम्बद्ध सुत्रत समीकरणको अस्तित्व प्रमाणित भएको हो (कुँवर, २०६७, २०१७क, २०१७ख; फिजिक्स रिफर्मेसन क्याम्पियन, २०१३ए, २०१३बी) । सोही प्रदुर्यान्तरको आधारमा सुत्रत समीकरणमार्फत् सुवात समीकरणमा भएका सीमा र समस्याको समाधानसमेत प्रस्तुत गरिएको छ (शर्मा, २०७३ग) । यसका अतिरिक्त गति र प्रदुर्यान्तरका बीचमा हुने भिन्नतालाई तलको उदाहरणबाट पनि थप स्पष्ट गर्न सकिन्छ ।

मानौं कुनै वस्तु पृथ्वीतिर खस्दै गरेको छ । हरेक एकाइ समयमा देखिएका विस्थापन वा दुरीको अनुक्रम तयार पार्दा ९.८ मिटर, १९.६ मिटर, २९.४ मिटर, ... बन्न पुग्छ भने गतिका पदको अनुक्रम तयार पार्दा ९.८ मिटर प्रतिसेकेन्ड, १९.६ मिटर प्रतिसेकेन्ड, २९.४ मिटर प्रतिसेकेन्ड, ... देखिन आउँछ । यतिबेला एकाइ समयमा पार हुने दुरीको मात्रा हरेक पटक ९.८ मिटरले बढेको पाउन सकिने हुँदा यहाँ साभ्ना दुरीअन्तर वा दुर्यान्तर ९.८ मिटर नै प्राप्त हुन्छ । अर्थात् एकाइ समयमा देखिने दुर्यान्तरको मात्रा ९.८ मिटर छ । यसको अर्थ एकाइ समयमा देखिने दुर्यान्तरको मात्रा वा प्रदुर्यान्तर ९.८ मिटर प्रतिसेकेन्ड मात्र हुन्छ । यहाँ दुर्यान्तरको मात्रा मिटरमा जान्न सकिने र समय सेकेन्डमा आधारमा जान्न सकिने हुँदा प्रदुर्यान्तरको एकाइ प्रवेगको जस्तो मिटर प्रतिसेकेन्ड प्रतिसेकेन्ड नभई मिटर प्रतिसेकेन्ड हुन पुग्छ । यसले के देखाउँछ भने दुर्यान्तर साभ्ना दुरीअन्तर हो र प्रदुर्यान्तर एकाइ समयमा देखिने दुर्यान्तर हो ।

आधारभूत पक्षमा आधारित विश्लेषण

गतिमा प्रयोग हुने पक्ष वा आधारभूत परिमाणका रूपमा समय र लम्बाइ रहेका हुन्छन् । प्रदुर्यान्तरमा पनि आधारभूत पक्ष वा आधारभूत परिमाणका रूपमा समय र लम्बाइ नै रहेका हुन्छन् । तर प्रदुर्यान्तरमा विभिन्न समयमा पार भएका दुरीका बीचमा देखिने साभा दुरी अन्तर रहेको हुन्छ । अर्थात् प्रति एकाइ समयान्तरालमा देखिने दुर्यान्तरलाई प्रदुर्यान्तर भनिन्छ (कुँवर, २०१७क, २०७७, २०७९क, २०७९ख) । त्यसैले दुरी परिवर्तन दर वा दुर्यान्तर (दुर्यन्तर) वा साभा दुरी अन्तर पनि प्रदुर्यान्तरको एउटा पक्षका रूपमा रहेको हुन्छ । यसरी प्रयोग हुने आधारभूत पक्षलाई आधार मानेर हेर्दा गतिमा समय र उक्त समयमा पार भएको दुरी वा विस्थापनको भूमिका रहेको हुन्छ भने प्रदुर्यान्तरमा समय, दुरी, र दुर्यान्तरको भूमिका रहेको हुन्छ ।

प्रकृतिमा आधारित विश्लेषण

दिशा परिवर्तन हुने आधारमा हेर्दा गति र प्रवेग दुवै धनात्मक वा ऋणात्मक हुन पुग्छन् तर परिमाणका आधारमा हेर्दा फरक स्वभाव फेला पार्न सकिन्छ । उदाहरणका लागि कुनै पिण्डको गति क्रमशः समान दरमा बढ्दो वा घट्दो क्रममा रहेका बेला प्रदुर्यान्तर अचल वा एकनास रहेको हुन्छ । यसको अर्थ के हो भने पिण्डको गति बढ्दो क्रममा रहँदा देखिने प्रदुर्यान्तर र पिण्डको गति घट्दो क्रममा रहँदा देखिने प्रदुर्यान्तर फरकफरक शैलीका हुन्छन् । यस्ता प्रदुर्यान्तरलाई चालउन्मुख प्रदुर्यान्तर र स्थिरताउन्मुख प्रदुर्यान्तर भनी चिनाउन सकिन्छ ।

एकाइ र आयामिक सूत्रमा आधारित विश्लेषण

गतिमा समय र लम्बाइको उपस्थिति रहेको हुन्छ । एकाइ समयमा देखिने विस्थापनको मात्रा नै गतिका रूपमा रहेको हुन्छ । उदाहरणका लागि लागि कुनै साइकल यात्रीले एक मिनेटमा १०० मिटरको यात्रा पूरा गर्न सक्छ भने उक्त यात्रीको गति १०० मिटर प्रतिसेकेन्ड हुन्छ ।

प्रदुर्यान्तरको पनि एकाइ र आयामिक सूत्र गतिको भन्दा फरक हुँदैन तर प्रदुर्यान्तरभित्रको लम्बाइ वस्तुको विस्थापन वा दुरीको मात्राको नभई निकट घटक बनेर रहेका दुई विस्थापनका बीचको अन्तर वा दुर्यान्तरका रूपमा रहेको हुन्छ । त्यसैले गति प्रदुर्यान्तर दुवै परिमाणको एकाइ मिटर प्रतिसेकेन्ड हुन्छ र यी दुवै भौतिक परिमाणको आयामिक सूत्र $\text{m}^0\text{L}^1\text{T}^{-1}$ हुन्छ । जहाँ 'पि', 'ल', र 'स' ले क्रमशः पिण्ड, लम्बाइ, र समय बुझाउँछन् । एकाइ र आयामिक सूत्रका आधारमा विश्लेषण गर्दा सामान्यतः समानता नै देखिए पनि परिमाण र मापनीय पक्ष फरकफरक हुन्छन् । जसअनुसार गतिलाई समय र दुरीको मापनबाट वर्णन गर्न सकिन्छ भने प्रदुर्यान्तरलाई समय र दुर्यान्तरको मापनबाट वर्णन गर्न सकिन्छ ।

गति र प्रदुर्यान्तरको औचित्यको समीक्षा

भौतिक विज्ञानमा मापन र वर्णनका लागि विभिन्न प्रकारका जुक्ति अपनाइएको पाइन्छ । मानिसले बनाएका बल, गति, प्रदुर्यान्तर आदि भौतिकशास्त्रीय परिमाण र नियमहरू पनि समस्या हल गर्नका लागि कुनै एक दृष्टिकोणबाट अपनाइएका जुक्तिहरू हुन् । तर त्यस्ता जुक्तिहरू गणितीय तर्क र परीक्षणसम्बद्ध परिणामसँग मिल्ने हुनु आवश्यक हुन्छ । गति र प्रदुर्यान्तर पनि अन्य भौतिक परिमाणजस्तै गणितीय तर्क र परीक्षणसम्बद्ध परिणामसँग मिल्ने, समय र लम्बाइका आधारमा निर्मित भौतिक परिमाणहरू हुन् ।

उदाहरणका लागि बलसँग पिण्ड, प्रदुर्यान्तर, र प्रदुर्यान्तरको सङ्ख्या (वा समयान्तरालको सङ्ख्या) को गुणनफल बराबर हुने देखिएको छ । यही समस्यालाई समाधान गर्न बलसँग पिण्ड र प्रवेगको गुणनफल बराबर हुने भन्ने प्रचलन पनि रही आएको पाइन्छ । त्यस्तै, बलसँग पिण्ड, दुर्यान्तर र समयको गुणनफल बराबर हुन्छ पनि भन्न सकिने सम्भावना रहन्छ । तर यसरी जाँदा भने समयलाई बेवास्ता गरेर दुर्यान्तर केका आधारमा जानियो वा वर्णन गरियो भन्ने कुराको

जवाफ फेला पार्न समस्या हुन्छ । यही कारणले गर्दा बलका सन्दर्भमा प्रदुर्यान्तर (दुरी परिवर्तनको दर वा एकाइ समयान्तरालको दुर्यान्तर) औचित्यपूर्ण देखिन गएको हो ।

जस्तो कि कुनै वस्तुले पहिलो, दोस्रो, तेस्रो, चौथो, पाँचौँ र छैटौँ सेकेन्डमा क्रमशः १ मिटर, २ मिटर, ३ मिटर, ४ मिटर, ५ मिटर, र ६ मिटरको दुरी पार गर्छ । यति बेला सेकेन्डको समयान्तराल लिएर हेर्दा समयान्तराल सङ्ख्या ६ हुन जान्छ । अर्थात् उक्त घटना ६ वटा एकाइ समयान्तरालमा घटेको हो भन्न सकिने देखिन्छ । यतिबेला एकाइ समयमा देखिने दुर्यान्तरको मात्रा १ मिटर छ त्यो पनि ६ चोटि दोहोरिएको छ भन्ने देखिन्छ । यसको अर्थ पिण्डको अन्तिम क्षणको गति ६ मिटर प्रतिसेकेन्ड नै हुन्छ भन्ने प्रतीत हुन सक्छ । तर यो आफैमा स्थिर गति नभई बढ्दो गतिको बीच पहिल्याइएको सरदर गति भएकाले पिण्डगति (वा मोमेन्टम) का लागि प्रयोग हुने निश्चित र एकनास खालको गति होइन । अर्थात् निश्चित समयखण्डमा देखिने जम्माजम्मी सरदर गति वा अन्तिम समयखण्डमा पार भएको सरदर दुरीको मात्रा हो ।

यसको अर्थ के हो भने बढ्दो क्रममा रहेको चालयुक्त वस्तुको अन्तिम गति र त्यसले पार गरेको दुरी सुत्रत समीकरणका आधारमा पहिल्याउन सकिने पनि पिण्डगति (वा मोमेन्टम) का सन्दर्भमा भने यो गतिलाई एकनास गतिजसरी नै आधार मान्न समस्या हुन्छ । सुत्रत समीकरणअनुसार पदसङ्ख्या, प्रदुर्यान्तर र समयको गुणनफलको आधारमात्रासँग बढ्दो चालयुक्त अवस्थामा रहेको वस्तुले पार गरेको दुरी बराबर हुन्छ भने प्रदुर्यान्तर र प्रदुर्यान्तर सङ्ख्याको गुणनफलसँग अन्तिम गति बराबर हुन्छ (कुँवर, २०१६, २०१७क) । त्यस्तै, बलसँग पिण्ड, प्रदुर्यान्तर र समय अनुक्रमानुपातिक हुने यथार्थलाई प्रयोगबाट पुष्टि गर्न सकिन्छ । तर भौतिकीका नियम केवल समस्या समाधानका लागि अपनाइएका जुक्ति हुन् भन्दैमा बलसँग पिण्ड र प्रवेगको गुणनफल बराबर हुन्छ र विस्थापनको जम्मा मात्रा प्रवेग र वर्ग समयको गुणनफलको आधा हुन्छ भन्ने कुरालाई भने पुष्टि गर्ने गणितीय आधार फेला पार्न सकिँदैन (कुँवर, २०१७क, २०१७ख, २०१७ग) । अर्को कुरा के देखिन्छ भने पृथ्वीतिर तानिएका कारण जमिनमा स्थिर अवस्थामा रहेको पिण्डमा लगानी गरेको बलको मात्रा अलिकति बढाउँदा गतिशील भई निश्चित समयमा निश्चित परिमाणको दुरी पार गर्ने र लगानी बलको मात्रा अझ धेरै बढाउँदा उक्त वस्तुको गति बढेर उही निश्चित समयमा तुलनात्मक दृष्टिले पहिलेभन्दा बढी दुरी पार गर्ने स्थिति देखिन्छ । यो अवरोधयुक्त क्षेत्रका सन्दर्भमा लागु हुने स्थिति हो । यही कुरालाई अवरोधहीन क्षेत्रका सन्दर्भमा जाँच गर्दा चालमा रहेको वस्तु त्यसै पनि चलिरहने हुनाले विस्थापनको मात्रा बढ्नु र नबढ्नुको लगानी बलसँग कुनै सम्बन्ध नरहने देखिन्छ । यही कुरा नै शक्ति वा सामर्थ्य भनिने सन्दर्भमा समेत लागु हुन्छ । यसबाट पनि भौतिकीका सन्दर्भमा बल वा शक्ति वा सामर्थ्य जस्ता शब्दले बुझाउने भनिएका प्रचलित परिमाण अन्ततः एउटै नै हुन्छन् भन्ने कुरा स्वतः पुष्टि हुन पुग्छ । त्यसैले गति र प्रदुर्यान्तर बल वा शक्ति वा कार्यक्षमताको वर्णन र मापन गर्नका लागि समेत आवश्यक पर्ने महत्त्वपूर्ण औचित्य पूर्ण पक्ष हुन् ।

अनुप्रायोगिक क्षेत्रमा आधारित विश्लेषण

पिण्डको एकाइ समयमा भएको विस्थापनको मात्रा गति हो । यसका आधारमा दैनिक व्यवहारमा आउने विविध पक्ष र ब्रह्माण्डीय वस्तुको पिण्डगति (वा मोमेन्टम) लाई मापन, वर्णन र विश्लेषण गरिएको पाइन्छ । गतिले भौतिकीमा पिण्डगति, बल (वा शक्ति) आदि भौतिक परिमाणको निर्माण गर्न र चालका समीकरण बनाउन सहयोगी भूमिका निर्वाह गर्छ । प्रदुर्यान्तर पनि भौतिकीमा महत्त्वपूर्ण परिमाणका रूपमा रहेको हुन्छ । यसले बल, र चालका समीकरणसँग सम्बन्धित सम्बन्धमा भूमिका निर्वाह गरेको हुन्छ । त्यसैले यी दुवै परिमाणहरू भौतिकीका यान्त्रिकीसँग सम्बन्धित भौतिक परिमाणहरू हुन् ।

प्रदुर्यान्तर चालका समीकरण र बल (वा शक्ति) सँग सम्बन्धित हुन्छ । पिण्डमा हुने लगानी बलको मात्रा मापन गर्न र वर्णन गर्न पिण्ड, प्रदुर्यान्तर र समयान्तरालका सङ्ख्या (वा प्रदुर्यान्तरका सङ्ख्या) को प्रयोग गर्न सकिने उल्लेख छ ।

कुँवर, २०७९ख)। यस सिलसिलामा लगानी बलको मात्रा पिण्ड, प्रदुर्यान्तर र समयान्तरालका सङ्ख्याको गुणनफलसँग बराबरी हुने उल्लेख गरिएको पाइन्छ (कुँवर, २०७६, २०७७, २०७९क, २०७९ख)। यसले बलको सूत्र निर्माण गर्न प्रदुर्यान्तर आवश्यक हुने स्पष्ट गर्दछ।

दुरी परिवर्तनको दर (वा प्रदुर्यान्तर) ले चालका समीकरणको निर्माण गर्न भूमिका निर्वाह गरेको हुन्छ। चालका समीकरण (वा सुव्रत समीकरण) निर्माण गर्नका लागि विस्थापन, प्रारम्भिक गति, आखिरी गति, दुरी परिवर्तनको दर (वा प्रदुर्यान्तर), प्रारम्भिक दुरी, आखिरी दुरी, दुरीका सन्दर्भविन्दुका जम्मा पदसङ्ख्या, दुर्यान्तरको सङ्ख्या, र समयान्तरालको सहसम्बन्ध आवश्यक हुन्छ (कुँवर, २०१७ख)। आखिरी गति पहिल्याउन पनि दुरी परिवर्तनको दरले विशेष भूमिका निर्वाह गर्ने तथ्यसमेत पुष्टि गरिएको छ (कुँवर, २०१६)। तसर्थ चालका समीकरणका सन्दर्भमा प्रदुर्यान्तर महत्त्वपूर्ण देखिन पुग्छ र बलको सूत्र पहिल्याउन र चालका समीकरणहरू निर्माण गर्न उल्लेखनीय भूमिका निर्वाह गरेको देखिन आउँछ।

बलको सूत्र निर्माणमा गति र प्रदुर्यान्तरको भूमिका

बलको सूत्र निर्माणमा गति र प्रदुर्यान्तरको भूमिका रहेको देखिन्छ। अवरोधहीन क्षेत्रमा रहेको कुनै पिण्डमा समान परिमाणको बल लगानी गर्दा उक्त वस्तुको गति बढ्दै गएको हुन्छ। यही गतिको बढ्दो क्रमलाई दृष्टिगत गरी प्रदुर्यान्तर पहिल्याउने र बलको मापन र वर्णन गर्ने कार्य हुन्छ। अर्को कुरा के भने गति बढ्दा समय स्थिर र निरपेक्ष रहेको हुन्छ र त्यही समयको एकाइ समयखण्डमा पार हुने दुरीमात्र बढ्दै गएको हुन्छ। यसरी हरेक समयखण्डमा पार हुने दुरीका पदहरूलाई अनुक्रममा राख्दा त्यहाँ साभ्ना दुरीअन्तर (दुर्यान्तर) देखा पर्छ। एकाइ समयमा देखिने यही दुर्यान्तर (वा एक शब्दमा प्रदुर्यान्तर) अचल वा स्थिर परिमाणका रूपमा देखा पर्छ। प्रदुर्यान्तर प्रयोग गरेर बलको वर्णन र मापन गर्न बनाइएको सूत्रानुसार लगानी बलसँग पिण्ड, प्रदुर्यान्तर र प्रदुर्यान्तर सङ्ख्या (वा समयान्तराल सङ्ख्या) को गुणनफल बराबर हुन पुग्छ (कुँवर, २०१७क, २०१७ख, २०७६, २०७९क, २०७९ख)। यस्तो अवस्थामा प्रदुर्यान्तर सङ्ख्या वा समयान्तराल सङ्ख्या बराबर हुने हुँदा यीमध्ये जुन प्रयोग गर्दा पनि हुन्छ। गति र प्रदुर्यान्तरले बलको सूत्र निर्माण गर्न कसरी भूमिका निर्वाह गर्छन् भन्ने कुरा तलको उदाहरणबाट थप स्पष्ट गर्न सकिन्छ।

कुनै अवरोधहीन क्षेत्र छ र उक्त क्षेत्रमा सापेक्ष रूपले स्थिर अवस्थामा रहेको १ किलोग्रामको एउटा वस्तुमा निरन्तर रूपले समान परिमाणको बल लगानी भइरहेको छ। यस्तो अवस्थामा बल लगानी भएपछि उक्त वस्तु पहिलो एक सेकेन्डमा १० मिटर, दोस्रो एक सेकेन्डमा २० मिटर, तेस्रो एक सेकेन्डमा ३० मिटर, चौथो एक सेकेन्डमा ४० मिटर, पाँचौं एक सेकेन्डमा ५० मिटर, र छैटौं एक सेकेन्डमा ६० मिटर दुरी पार गर्दै अघि बढेको छ। तब ६ सेकेन्डसम्म हुन पुगेको जम्मा लगानी बलको मात्रा पहिलोको तुलनामा ६ गुणाले बढी हुन पुग्छ। यसको अर्थ हुन्छ कि हरेक एकाइ समयान्तरालमा प्राप्त हुने गति एकनास गति नभई सरदर गति हुने भएकाले सर्सर्ती हेर्दा बराबर नै देखिए पनि त्यस्तो गति एकनास कायम हुने ६० मिटर प्रतिसेकेन्ड जस्तो नै हुन्छ भन्ने हुँदैन।

यदि अवरोधहीन क्षेत्रमा रहेको एउटा पिण्डमा कुनै परिमाणको बल लगानी भएको छ र उक्त पिण्ड चालयुक्त स्थितिमा रहेको छ भने लगानी बलसँगै कारणका रूपमा आउने सङ्घर्ष र समयबाहेक आउने पिण्ड, प्रदुर्यान्तर, र प्रदुर्यान्तरको सङ्ख्या (वा समयान्तरालको सङ्ख्या) असरका रूपमा रहेका हुन्छन्। अब उक्त पिण्डको मात्रा र समयान्तराल सङ्ख्या स्थिर राखी प्रदुर्यान्तर बढाऔं। यसो गर्दा बलको मात्रा बढ्नु अनिवार्य हुन आउँछ। यसबाट प्रदुर्यान्तर र बल अनुक्रमानुपातिक हुने कुरा स्पष्ट गर्दछ। फेरि प्रदुर्यान्तर र समयान्तरालको सङ्ख्या स्थिर राखेर पिण्डको मात्रा बढाऔं। तब बलसँग पिण्ड पनि अनुक्रमानुपातिक देखिन्छ।

त्यसै गरी पिण्डको मात्रा र प्रदुर्यान्तर (वा एकाइ समयको दुर्यान्तर) स्थिर राखेर दुर्यान्तर देखिने गरेका समयान्तराल सङ्ख्या बढाऔं। यस्तो बेला अवश्य पनि थप समयसम्म बल लगाउनुपर्ने देखिन आउँछ। जसको अर्थ हुन्छ

दुर्यान्तरयुक्त समयान्तरालका सङ्ख्या वा प्रदुर्यान्तरका सङ्ख्याको मात्रा बलसँग अनुक्रमानुपातिक हुन्छ। यसको अर्थ के हो भने बल लगानी हुँदासाथ समयको मात्रा जोडिन पुग्छ र छोटो समय लगाएको बलभन्दा लामो समय लगाएको बल बढी हुन्छ। तर योगतथ्यबाट स्वतः पुष्टि हुने भए पनि कतिपय सन्दर्भमा यो कुरा सोभै बोध नहुन सक्छ। यो कुरा थप स्पष्ट गर्नका लागि भने तलको परीक्षणको सहयोग लिनुपर्ने हुन सक्छ।

मानौं स्थिर अवस्थामा रहेको 'पि' किलोग्राम पिण्डमा 'क' श्रोतबाट १ सेकेन्डसम्म निश्चित परिमाण (मानौं 'ए') को बल लगानी गरेका बेला 'अ' मिटर प्रतिसेकेन्ड प्रदुर्यान्तर देखिन पुगेको छ। त्यस्तै, अर्को स्थानमा उही परिमाणको वा 'पि' किलोग्रामको पिण्डमा स्रोत 'ख' बाट १ सेकेन्डसम्म उही परिमाणको बल लगानी गरेका बेलामा पनि 'अ' मिटर प्रतिसेकेन्ड प्रदुर्यान्तर देखिन पुगेको छ। यहाँ दुवै स्थिति मिलाउँदा लगानी भएको बलका कारण 'रपि' किलोग्राम पिण्डलाई 'अ' मिटर प्रतिसेकेन्ड देखिन आउँछ। अर्थात् एक सेकेन्डसम्म २ए परिमाणको बल लगानी गर्दा जम्माजम्मी 'रपि' किलोग्रामको पिण्ड 'अ' मिटर प्रतिसेकेन्डको सरदर गतिमा गतिशील हुन पुग्छ। यतिबेला सरदर पिण्डगति (वा मोमेन्टम) रपिअ हुन पुगेको हुन्छ।

एउटै स्रोत ('क') बाट 'पि' परिमाणको पिण्डमा ('ए') परिमाणको बल दुई एकाइ समयान्तरालसम्म लगाउँदा अन्तिम समयान्तरालमा २'अ' मिटर प्रतिसेकेन्डको सरदर गतिमा गतिशील हुन्छ। यो अवस्थामा पनि सरदर पिण्डगति (वा मोमेन्टम) रपिअ नै हुन पुगेको हुन्छ। यसबाट के स्पष्ट हुन्छ भने दुवै अवस्थामा समान परिमाणको सरदर पिण्डगति (वा मोमेन्टम) देखा पर्छ। अर्थात् बल लगानी हुँदासाथ त्यो समयको मात्रासँग स्वतः अभिन्न हुन पुग्छ र दुर्यान्तर देखिने समयान्तरालको सङ्ख्या बलसँग अनुक्रमानुपातिक नै हुन्छ। तर यो सरदर गति एकनास गतिजस्तो नहुने हुँदा यस्तो अवस्थामा पिण्डगति गणितीय स्वरूपमा उस्तै देखिए पनि एकनास गतिका सन्दर्भमा देखिने पिण्डगतिभन्दा फरक परिमाणको प्रभाव सम्प्रेषण गर्ने खालको हुन्छ।

यसप्रकार बलको मात्रा पिण्ड, प्रदुर्यान्तर, र समयान्तराल सङ्ख्यासँग अनुक्रमानुपातिक हुन्छ। अर्थात् कुनै अचलले गुणन गरेका खण्डमा लगानी भएको बलको मात्रा पिण्ड, प्रदुर्यान्तर, र समयान्तराल सङ्ख्याको गुणनफलसँग बराबर हुन्छ। यसरी जाँदा बलको एकाइ र आयामिक सूत्र पिण्डगति (वा मोमेन्टम) को एकाइ र आयामिक सूत्रसँग मेलसमेत खान्छ। अर्को कोणबाट हेर्दा बलसँग सोभै पिण्ड, दुर्यान्तर, र समय अनुक्रमानुपातिक हुने स्थिति बन्छ। यसरी जाँदा भने यसरी मापन गरिने बलको आयामिक सूत्र प्रचलित बल, शक्ति वा पिण्डगतिको आयामिक सूत्रसँग मेल खाँदैन। यस्तो अवस्थामा बलको एकाइ नै किलोग्राम मिटर प्रतिसेकेन्ड बन्न पुग्छ। तर समयको आधार नै नलिइकन केवल दुर्यान्तर केका सन्दर्भमा थाह पाउने भन्ने प्रश्न खडा हुन पुग्छ र यो कोण निकै फरक प्रकृतिको देखिन जान्छ।

भौतिक प्रयोगलाई आधार मान्दा शक्ति वा कार्य वा सामर्थ्य (कार्यक्षमता) पनि बलभन्दा फरक भौतिक परिमाण हुने आधार फेला पार्न सकिँदैन (कुँवर, २०१७; फिजिक्स, २०१७)। कुनै पनि पिण्ड चालमा रहेका बेला बलको मात्रा बढाउँदा स्वतः प्रदुर्यान्तर बढ्न पुग्छ। यसका लागि छुट्टै बल प्रतिसेकेन्ड वा शक्ति प्रतिसेकेन्डको कल्पना गर्नुपर्ने गणितीय, तार्किक र भौतिकशास्त्रीय आधार वा कारण फेला पार्न सकिँदैन। बल लगानी गर्ने स्रोतको गति कम भए पनि बलको मात्रा बढी छ भने कुनै यन्त्रको प्रयोगबाट पिण्डलाई तीव्रताका साथ चालमा ल्याउन सकिन्छ। यसबाट गति र प्रदुर्यान्तरले बलको मापन र वर्णनमा भूमिका निर्वाह गर्ने भए पनि गतिभन्दा प्रदुर्यान्तर नै बलको मापन गर्न प्रत्यक्ष उपयोगी हुने देखिन्छ।

चालका समीकरण निर्माणमा गति र प्रदुर्यान्तरको भूमिका

कुनै चालयुक्त वस्तुको विस्थापन, सुरुको गति, अन्तिम गति, प्रदुर्यान्तर, र समयको मापन गर्न र तिनका बीचमा हुने सहसम्बन्ध वर्णन गर्न चालका समीकरणहरू आवश्यक हुन्छन्। ती समीकरणमा गति र प्रदुर्यान्तरको महत्त्वपूर्ण

भूमिका रहेको हुन्छ। क्रमशः बढ्दो गतियुक्त पिण्डको विस्थापनको मापन गर्न र निश्चित समयका सन्दर्भमा पिण्डले पार गर्न सक्ने दुरीको मात्रा भविष्यवाणी गर्न गति र प्रदुर्यान्तरको भूमिका अनिवार्य हुन्छ। विस्थापनको मात्रा मापन गर्न प्रवेगको प्रयोग गर्ने प्रचलन भए पनि थप वास्तविक नतिजाका लागि प्रदुर्यान्तरसम्बद्ध सुब्रत समीकरणको प्रयोग उपयुक्त हुन्छ (कुँवर, २०१७ख; शिक्षक सेवा आयोगको तयारी, २०१९)। यस कुरालाई तलको उदाहरणबाट समेत थप स्पष्ट गर्न सकिन्छ।

मानौं स्थिर अवस्थामा रहेको कुनै पिण्डले पहिलो एक सेकेन्डमा १० मिटर, दोस्रो एक सेकेन्डमा २० मिटर, तेस्रो एक सेकेन्डमा ३० मिटर, चौथो एक सेकेन्डमा ४० मिटर, पाँचौं एक सेकेन्डमा ५० मिटर र छैटौं एक सेकेन्डमा ६० मिटर यात्रा गरेको छ। अब उक्त पिण्डले ६ सेकेन्डको अवधिमा पार गरेको जम्मा दुरी निकाल्न प्रयोग गरिने सूत्र नै विस्थापनको सूत्र हो। उक्त सूत्रअनुसार सन्दर्भविन्दुको पदसङ्ख्या, प्रदुर्यान्तर, र समयको गुणनफलको आधा मात्रामा सुरुको गति र समयको गुणनफल जोडदा आउने परिणाम जम्मा विस्थापन वा दुरीसँग बराबर हुन पुग्छ (कुँवर, २०१७ख)। यसरी उक्त सूत्रमा गति र प्रदुर्यान्तरको भूमिका रहेको हुन्छ। यसको सत्यता पनि जाँचौं।

यहाँ, समयान्तराल ६ वटा हुँदा तिनका लागि सन्दर्भविन्दु वा पदका सङ्ख्या ७ वटा हुन पुग्छन्। तसर्थ पदसङ्ख्या ७, समय ६ सेकेन्ड र प्रदुर्यान्तर १० मिटर प्रतिसेकेन्ड छ। तब प्रदुर्यान्तरयुक्त सुब्रत समीकरणअनुसार वस्तुले पार गरेको जम्मा दुरी वा विस्थापन २१० मिटर (वि = $(७ \times १० \times ६) / २$ मिटर) देखिन आउँछ। जबकि प्रचलित सूत्रले प्रवेग र समयको वर्गको गुणनफललाई आधा गर्दा प्राप्त हुने परिणाम नै विस्थापन हो भन्ने देखाउँछ। उक्त सूत्रानुसार हिसाब गर्दा विस्थापन १८० मिटर (वि = $१० \times ६^2 / २$ मिटर) देखिन आउँछ। अब ती दुवै सूत्रको तुलना गर्न सूत्रविना सरल ढङ्गले जोडेर हेरौं।

तब, विस्थापन (वि) = $१० + २० + ३० + ४० + ५० + ६०$ मिटर = २१० मिटर।

यसप्रकार प्रवेगसम्बद्ध सुवात समीकरणले भन्दा प्रदुर्यान्तरयुक्त सुब्रत समीकरणले सही परिणाम दिने कुरा स्पष्ट हुन पुग्छ। सीमित सङ्ख्याका लागि मात्र नभई सबै सङ्ख्याका सन्दर्भमा समेत यो कुरा सही देखिन आउँछ (कुँवर, २०१६, २०१७क)। तसर्थ सुब्रत समीकरणको प्रयोग गरी बढ्दो गतिमा रहेको वस्तुको विस्थापन पहिल्याउन सकिन्छ। साथै, त्यस्ता चालका समीकरण निर्माण गर्न गति र प्रदुर्यान्तरले भूमिका निर्वाह गरेका हुन्छन्।

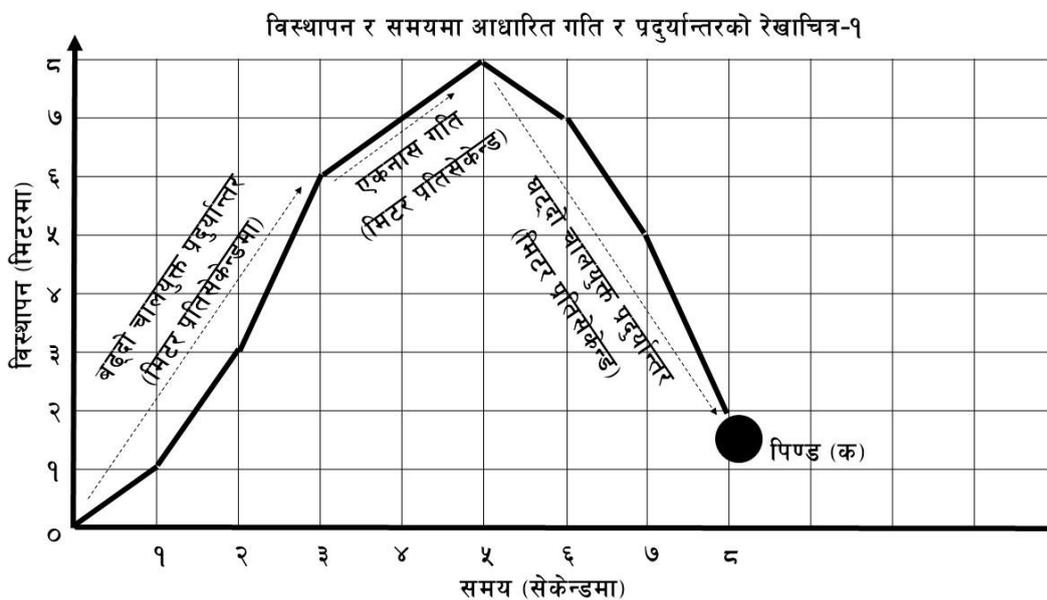
अन्तिम गतिका सन्दर्भमा गति र प्रदुर्यान्तरको भूमिका

चालका समीकरणको प्रयोग गरेर बढ्दो गतिमा रहेको पिण्डको अन्तिम गति पहिल्याउन सकिन्छ। अन्तिम गति पहिल्याउनका लागि सुरुको गतिमा प्रदुर्यान्तर र समयान्तराल सङ्ख्याको गुणनफल जोड्न सकिन्छ (कुँवर, २०१७क)। जस्तो कि प्रदुर्यान्तर १० मिटर प्रतिसेकेन्ड भएको र समयान्तराल सङ्ख्या ६ भएको माथिको उदाहरणमा अन्तिम सरदर गति ६० मिटर प्रतिसेकेन्ड देखिएको छ। जुन प्रदुर्यान्तर र समयान्तराल सङ्ख्याको गुणनफल (अर्थात् ६×१० मिटर प्रतिसेकेन्ड) बाट जान्न सकिन्छ। यसरी अन्तिम गति पहिल्याउन पनि गति र प्रदुर्यान्तर महत्त्वपूर्ण हुन्छन्।

विस्थापन र समयको सन्दर्भमा गति र प्रदुर्यान्तर

गति र प्रदुर्यान्तरका आधारभूत भौतिक परिमाणहरू विस्थापन र समय हुन्। निश्चित समयखण्डमा विस्थापनको मात्रा प्राप्त हुँदा गति र निश्चित समयखण्डमा विस्थापन वा दुरीको मात्रा कुनै दरमा परिवर्तन हुँदै जाँदा प्रदुर्यान्तर देखा पर्छन्। कुनै वस्तुले एकाइ समयमा पार गर्ने दुरीको मात्रा एकनास कायम रहँदा एकनास गतियुक्त चालको अवस्था देखिन्छ भने एकाइ समयमा वस्तुले पार गर्ने दुरीको मात्रा बढ्दो वा घट्दो क्रममा रहँदा प्रदुर्यान्तरयुक्त चालको अवस्था देखा पर्छ। यसलाई थप स्पष्ट गर्न विस्थापन र समयमा आधारित गति र प्रदुर्यान्तरको रेखाचित्र (१) प्रस्तुत गरिएको छ।

उक्त रेखाचित्रमा कुनै वस्तुले फरकफरक समयखण्डमा पार गर्ने दुरीको मात्रा बढ्दो क्रममा रहेका बेला चालउन्मुख प्रदुर्यान्तरयुक्त चालको अवस्था सिर्जना भएको देखाइएको छ भने त्यस्तो दुरीको मात्रा घट्दो क्रममा रहेका बेला स्थिरताउन्मुख प्रदुर्यान्तरयुक्त चालको अवस्था सिर्जना भएको देखाइएको छ । त्यस्तै, हरेक समयखण्डमा पार गरेको दुरीको मात्रा एकनास रहँदा एकनासयुक्त चालको अवस्था रहेको देखाइएको छ ।



प्रस्तुत रेखाचित्र (१) मा पिण्ड 'क' ले पहिलो ३ सेकेन्डमा बढ्दो गतिमा रही पार गरेको जम्मा दुरी ६ मिटर (= १+२+३ मिटर) रहेको छ, त्यसपछिको २ सेकेन्डमा एकनास गतिमा रही पार गरेको जम्मा दुरी २ मिटर (= १+१ मिटर) रहेको छ, र अन्तिमको ३ सेकेन्डमा घट्दो गतिमा रही पार गरेको जम्मा दुरी ६ मिटर (= १+२+३ मिटर) रहेको छ । यस रेखाचित्रले क्रमशः बढ्दो चालयुक्त (धनात्मक) प्रदुर्यान्तर देखिने गरी भएको बढ्दो गति, शून्य प्रदुर्यान्तर देखिने गरी भएको एकनास गति, र घट्दो चालयुक्त (ऋणात्मक) प्रदुर्यान्तर देखिने गरी भएको घट्दो गतिको स्थितिलाई देखाएको छ ।

निष्कर्ष

गति र प्रदुर्यान्तर भौतिकीका अत्यन्तै महत्त्वपूर्ण र अपरिहार्य भौतिक परिमाण हुन् । विशेषतः यी परिमाण बल (वा शक्ति वा सामर्थ्य), पिण्डले पार गर्ने दुरी वा विस्थापन, सुरुको गति, अन्तिम गति, औसत गति, र अवधिको वर्णन र मापन गर्न आवश्यक हुन्छन् । पिण्ड, लम्बाइ, र समयको उपस्थितिका आधारमा दृष्टिगत गर्दा यी गति र प्रदुर्यान्तर आयामिक सूत्र समान भएको पाइने भए पनि आन्तरिक रूपमा भने यी दुवै परिमाणका बीचमा भिन्नता फेला पार्न सकिन्छ । सङ्क्षेपमा भन्नुपर्दा गति एकाइ समयमा पार हुने दुरी हो भने यही गति बढ्दो क्रममा रहँदा एकाइ समयमा देखिने दुर्यान्तर नै प्रदुर्यान्तर हो । प्रदुर्यान्तरको आधारमा सुत्रत समीकरणको निर्माण हुन पुगेको छ र वर्ग समयको कल्पना अन्तर्निहित नहुने हुँदा प्रदुर्यान्तरका आधारमा भौतिकीका बललगायत चालकी, सकारण चालकी, तथा स्थितिकीसम्बद्ध पक्षको वास्तविक रूपले मापन गर्न सम्भव हुन्छ । परिभाषा, आधारभूत पक्ष, प्रकृति, एकाइ र आयामिक सूत्र, औचित्य, र अनुप्रायोगिक क्षेत्रका आधारमा विश्लेषण गर्दा गति र प्रदुर्यान्तरका बीचका स्पष्ट रूपले भिन्नता फेला पार्न सकिन्छ । गति र प्रदुर्यान्तरका बीचमा देखिने मुख्य भिन्नतालाई निम्न बुँदामा उल्लेख गर्न सकिन्छ:

- (१) गति एकाइ समयमा देखिने विस्थापनको मात्रा हो भने प्रदुर्यान्तर एकाइ समयमा देखिने दुर्यान्तरको मात्रा हो । त्यसैले गतिमा सहभागी हुने प्रमुख पक्षका रूपमा विस्थापन र समय रहन्छन् भने प्रदुर्यान्तरमा दुर्यान्तर र एकाइ समयान्तराले प्रत्यक्ष रूपले भूमिका निर्वाह गर्छन् ।
- (२) कुनै वस्तु एकनासले गतिशील भइरहेका बेला स्थान परिवर्तन भइरहेको हुन्छ भने त्यही वस्तु बढ्दो क्रममा गतिशील भएका बेला एकाइ समयमा पार हुने दुरीको मात्रा परिवर्तन भइरहेको हुन्छ र एकाइ समयान्तरालको दुर्यान्तर (वा प्रदुर्यान्तर) देखा पर्छ ।
- (३) गति र प्रदुर्यान्तर दुवैको एकाइ मिटर प्रतिसेकेन्ड हुन्छ भने आयामिक सूत्र $\text{m}^0\text{l}^1\text{s}^{-1}$ ($\text{M}^0\text{L}^1\text{T}^{-1}$) नै हुन्छ तर बढ्दो गतिमा रहेको पिण्डको विस्थापन पहिल्याउन प्रदुर्यान्तरले मात्र प्रत्यक्ष भूमिका खेल्छ ।
- (४) प्रदुर्यान्तर एकनास रहेका बेला गति बढ्दो वा घट्दो क्रममा रहेको हुन्छ तर गति एकनास भइरहेका बेला प्रदुर्यान्तर देखा पर्दैन । अर्थात् दुर्यान्तर नहुँदासम्म प्रदुर्यान्तर अस्तित्वमा आउन सम्भव हुँदैन ।
- (५) अवरोधहीन क्षेत्रमा रहेको वस्तुमा एकनास बल लगानी हुँदा बलसँग पिण्डजसरी नै प्रदुर्यान्तर, र समयान्तराल सङ्ख्या पनि समानुपातिक हुन्छन् तर गति भने समानुपातिक हुँदैन । प्रदुर्यान्तर फरकफरक परिमाणका एकनास गतिबाट निकालिएका अन्तरको रूपमा नभई फरकफरक परिमाणका सरदर गतिका वीचको अन्तरको रूपमा रहेको हुन्छ ।

सन्दर्भ सामग्रीसूची

- अधिकारी, स., र शर्मा, धु. (२०७६, असोज १८). नेपालीले पनि दिए विश्वका वैज्ञानिकलाई चुनौती (समाचार). *थाहखबर*. <https://thahakhabar.com/news/80015/>
- कुँवर, भ. (२०१७क, जनवरी ५). सुत्रतका केही प्रभावहरू. *एक्युरेट फिजिक्स*. <https://accuratephysics.blogspot.com/2017/01/some-effects-ofsuvrt.html>
- कुँवर, भ. (२०१७ग, जुलाई ७). शास्त्रीय भौतिक शास्त्रका केही समीकरणहरूमा दुर्यान्तर र प्रदुर्यान्तरको प्रभाव. *भौतिक विज्ञान*. <https://bhautikbigyan.blogspot.com/2017/07/zfqllo-eflts-zfqsfsxl-dls0fxdf-bofgt.html>
- कुँवर, भ. (२०१७ख, मे १८). चालका समीकरणमा दुर्यान्तर र प्रदुर्यान्तरको भूमिका. *एक्युरेट फिजिक्स*, <https://accuratephysics.blogspot.com/2017/05/role-of-duryantarandpraduryantar.in.html>
- कुँवर, भ. (२०१६, डिसेम्बर, ३०). सुवातदेखि सुत्रतसम्म. *एक्युरेट फिजिक्स*. https://accuratephysics.blogspot.com/2016/12/blog-post_30.html
- कुँवर, भ. (२०७७, श्रावण). पानी मात्र पानी कवितासङ्ग्रहका कवितामा प्रदुर्यान्तर. *आरेख*, ३ (५), २२-३३।
- कुँवर, भ. (२०७९क, असार), हामी कवितामा बल. *ज्ञानगङ्गा*, २ (१), २६-३५।
- कुँवर, भ. (२०७९ख माघ-२०८० असार). बाढी कवितामा बल. *प्रज्ञा*, १२४ (२), ११९-२९।
- कुँवर, भ. (२०७६ माघ-०७७ असार). चालको दोस्रो नियम र साहित्यमा यसको प्रयोग. *प्रज्ञा*, ११९, १३४-१४७।
- कुँवर, भ. (२०२४, अक्टोबर २०). समय. *एक्युरेट फिजिक्स*. <https://accuratephysics.blogspot.com/2024/10/time.html>
- कुँवर, भ. (२०२५ मे ३१). प्रवेगको वैज्ञानिक अस्तित्वबारे वैज्ञानिक जानकारी. *एक्युरेट फिजिक्स*. <https://accuratephysics.blogspot.com/2025/05/blog-post.html>
- कुँवर, भ. (२०६७). *भौतिक शास्त्रमा भएका केही त्रुटिहरूको खण्डन र समाधान* (पृ.५१८-५१९). काठमाडौं: काठमाडौं रिसर्च एन्ड पब्लिकेसन्स प्रा.लि ।

- फिजिक्स रिफॉर्मेशन क्याम्पियन: द ग्रेटेस्ट वर्ल्डवाइड क्याम्पियन फर फिजिक्स. (२०१७, अगस्त १). २०७४ असार २५ गते चितवन जिल्लाको भुवानी पुस्तकालयमा आयोजित प्रवचन कार्यक्रममा भौतिकीमा देखिएका समस्या र तिनको समाधानसँग सम्बन्धित प्रदूर्यान्तरसम्बद्ध परीक्षण र गणितीय प्रमाण प्रस्तुत गरिएको (स्टाटस अपडेट). *फेसबुक*. <https://www.facebook.com/groups/physicsreformation.campaign/permalink/1514965888560325>
- रासस. (२०७३, माघ १२). भविन्द्रको खोज 'दूर्यान्तर' : एक विन्दुदेखि अर्को विन्दुसम्मको दुरी, शक्ति र समयको भविष्यवाणी हुने (समाचार). *अनलाइनखबर*. <https://www.onlinekhabar.com/2017/01/533506>
- रासस. (२०७६, श्रावण २९). वैज्ञानिक कुँवरलाई भौतिकशास्त्रमा सफलता (समाचार). *घटना र विचार*. <https://ghatanarabichar.com/161122>
- शर्मा, धु. (२०७३क, माघ १०). युवा वैज्ञानिक भविन्द्रको भौतिक शास्त्रसम्बन्धी खोज 'दूर्यान्तर' प्रमाणित (समाचार). *हाम्रा कुरा*. <https://www.hamrakura.com/news-details/19488/2017-01-23>
- शर्मा, धु. (२०७३ग, चैत्र २९). नेपाली वैज्ञानिकले पूरा गरे ग्यालिलियोको अधुरो सपना: सुन्नतका ५ वटा नयाँ समीकरण पत्ता लागे. *बेनी साप्ताहिक समाचारपत्र*. ८५ (३८). १, र ७।
- शर्मा, धु. (२०७३ख, चैत्र १९). नेपाली वैज्ञानिकले पूरा गरे ग्यालिलियोको अधुरो सपना. *गोरखापत्र दैनिक*, १ र ३।
- शर्मा, धु. (२०७६क, साउन २९). नेपाली वैज्ञानिक कुँवरले भौतिक विज्ञानको अर्को जटिल समस्या सुल्झाए. *ढोरपाटन*. <https://dhorpatannews.com/2019/08/10042/>
- शर्मा, धु. (२०७६ख, कात्तिक ७). भौतिक शास्त्रमा अर्को उपलब्धी: औसत गतिको नयाँ सूत्र. *थाहखबर*. <https://thahakhabar.com/news/82335/>
- शिक्षक सेवा आयोग तयारी. (२०१९, जुलाई २३). भौतिक शास्त्रमा प्रवेगको नभई प्रदूर्यान्तरको भूमिका महत्त्वपूर्ण हुने (फेसबुक पोस्ट). *फेसबुक*. <https://www.facebook.com/tscPreparation/posts/म्याग्दीअसार/७गतेभौतिकशास्त्रमाप्रवेगकोनभईप्रदूर्यान्तरकोभूमिका/महत्त्वपूर/1334730020025739/>
- हिमालयखबर संवाददाता. (२०७३, चैत्र २४). नेपाली युवा वैज्ञानिक भविन्द्रको अर्को अनुसन्धान सफल. *हिमालयखबर*. <https://himalayakhabar.com/detail/64914.html>
- Physics Reformation Campaign: The Greatest Worldwide Campaign for Physics (2013a, January 10). A talk and experimental demonstration by Bhabindra Kunwar on the limitations in Newton's Second Law of Motion in the case of vertical space, presented at United Scholars Academy, Kalanki, on January 14 [Status update]. *Facebook*. <https://www.facebook.com/photo/?fbid=517009244986759&set=a.274424335911919>
- Physics Reformation Campaign: The Greatest Worldwide Campaign for Physics. (2013b, February 13). A talk and experimental demonstration by Bhabindra Kunwar on the limitations in Newton's Second Law of Motion in the case of horizontal space, presented at Araniko International College, Talchikhel, on February 13 [Status update]. *Facebook*. <https://www.facebook.com/photo/?fbid=533968019957548&set=a.274424335911919>

RSS, (2019, August 14). Scientist Kunwar resolves riddle in Physics [News update]. *My Republica*.
<https://myrepublica.nagariknetwork.com/news/scientist-kunwar-resolves-riddle-in-physics>