অধ্যায়-১

জ্যোতির্মীয় জরিপ
(Astronomical Survey)

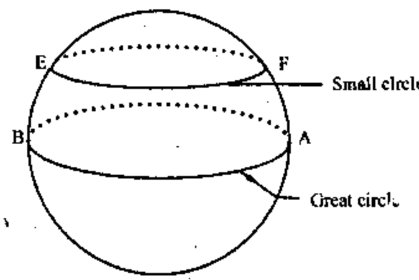
১.০ জ্যোতিষীয় জরিপ (Astronomical survey) ঃ

যে পদ্ধতি বা কলাকৌশলের মাধ্যমে মহাজগতের জোতিষ্কসমূহের অবস্থান পর্যবেক্ষণ করে পার্থিব বস্তুর অবস্থান যেমন– মধ্যরেখা (Meridian), দিগংশ (Azimuth), অক্ষাংশ (Latitude), দ্রাঘিমাংশ (Longitude), সময় ইত্যাদি নিরূপণ করা হয়, তাকে জ্যোতিষীয় জরিপ বলে। আমাদের দেশে "সার্ভে অব বাংলাদেশ" এ জরিপের দায়িত্ব পালন করে থাকে। এ জরিপ কাজ অনেক ঝামেলাপূর্ণ ও ব্যয়বহুলও বটে।

১.১ জ্যোতিষীয় জরিপে ব্যবহৃত কতিপয় সংজ্ঞা (Terms used in astronomical survey) ঃ

১। **গোলক (Sphere) ঃ** গোলক এমন একটি বস্তু, যা কোন একটি বৃত্ত বা অর্ধবৃত্তের ব্যাসের উপর ঘূর্ণায়মান হয়ে যে গোলাকার ঘনবস্তুর সৃষ্টি করে, তাকেই গোলক বলে। গোলকের পৃষ্ঠ হতে ঐ গোলকের কেন্দ্র পর্যন্ত দূরত্ব সর্বদাই সমদূরবর্তী। এর যে কোন তল বরাবর ছেদ করলেই বৃত্তাকার ক্ষেত্র গঠিত হবে।

২। **গোলকীয় ত্রিকোণমিতি (Spherical trigonometry) ঃ** জ্যোতিষীয় জরিপে মহাশূন্য গোলকের উপর যেকোন বিন্দু বা বস্তুর অবস্থান জানার প্রয়োজন হয়। এ সকল বিন্দু বা বস্তুর অবস্থান জানার জন্য যে ত্রিকোণমিতির সাহায্য নেয়া হয়, সেটিই গোলকীয় ত্রিকোণমিতি। এর সাহায্যে জ্যোতিষ্কমণ্ডলীর অবস্থান নির্ণয় করা হয়।



চিত্র ঃ ১.১

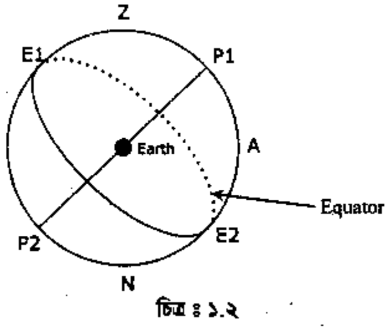
৩। **ক্ষুদ্রবৃত্ত (Small circle) ঃ** মহাশূন্য গোলকের কেন্দ্র ছাড়া যে কোন তল বরাবর ছেদ করলে যে বৃত্ত উৎপন্ন হয়, তাকে ক্ষুদ্রবৃত্ত বলে। পাশে ক্ষুদ্রবৃত্তের চিত্র দেওয়া হল।

৪। **মহাবৃত্ত (Great circle) ঃ** মহাশূন্য গোলকের কেন্দ্র বরাবর কোন তল দ্বারা ছেদ করলে যে বৃত্ত উৎপন্ন হয়, তাকে মহাবৃত্ত বলে। নিম্নের চিত্রে একটি বৃহৎ বা মহাবৃত্তের চিত্র দেওয়া হল।

৫। **মহাশূন্য গোলক (Celestial sphere) ঃ** রাত্রি বেলায় পরিষ্কার আকাশের দিকে তাকালে অসংখ্য তারকারাজি বিভিন্ন উজ্জ্বলতায় জলজল করতে দেখা যায়। এ সকল তারকারাজি দেখে মনে হয় এগুলো কোন একটি অর্ধ-গোলাকৃতি অসীম ব্যাসার্ধের গোলকের পরিধি বরাবর অবস্থান করছে, যার কেন্দ্র হল পৃথিবী অর্থাৎ পৃথিবীকে কেন্দ্রবিন্দু মনে করে অসীম ব্যাসার্ধ দ্বারা গঠিত কাল্পনিক এ গোলককেই মহাশূন্য গোলক বলে। সকল নক্ষত্ররাজি এ মহাশূন্য গোলকের গায়ে খচিত আছে বলে মনে করা হয়।

৬। **সুবিন্দু এবং কুবিন্দু (Zenith and nadir) ঃ** পর্যবেক্ষণকারী কোন স্টেশনে উল্লম্বিক রেখা মহাশূন্য গোলকের উপরের যে বিন্দুতে ছেদ করে, তাকে জেনিথ বা সুবিন্দু (Zenith) বলে।

পর্যবেক্ষণকারী স্টেশনে উল্লম্বিক রেখা মহাশূন্য গোলকের নিচের বিন্দুতে ছেদ করলে তাকে কুবিন্দু যা নাদির (Nadir) বলে। চিত্রে Z দ্বারা জেনিথ ও N দ্বারা নাদির প্রকাশ করা হয়েছে।



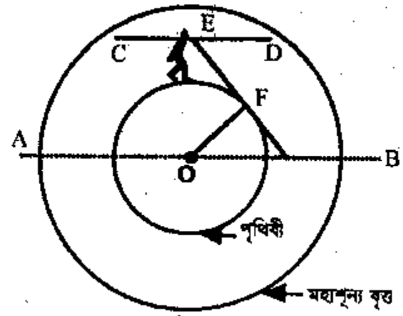
চিত্র ঃ ১.২

৭। **দিকচক্রবাল (Horizon) ঃ** এটি এমন একটি মহাবৃত্ত, যা জেনিথ ও নাদির রেখার সমকোণে গোলকপৃষ্ঠকে বেষ্টন করে অবস্থান করে। দিকচক্রবাল তিন প্রকারের হয়, যথা ঃ (i) মহাশূন্য দিকচক্রবাল (Celestial horizon), (ii) ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য দিকচক্রবাল (Sensible horizon), (iii) দৃশ্যমান দিকচক্রবাল (Visible horizon) ।

(i) মহাশূন্য দিকচক্রবাল (Celestial horizon) ঃ এটি এমন একটি মহাবৃত্ত তল, যা পৃথিবীর কেন্দ্রগামী জেনিথ-নাদির সংযোগকারী রেখার সমকোণে মহাশূন্য গোলককে বেষ্টন করে অবস্থান করে। জেনিথ এবং নাদির মহাশূন্য গোলকের মেরু হিসাবে ধরা হয়।

(ii) ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য দিকচক্রবাল (Sensible horizon) ঃ এটি পর্যবেক্ষণকারী ব্যক্তির চক্ষু বরাবর তল, যা পর্যবেক্ষকের অবস্থান থেকে খাড়া নীচের রেখার সাথে লম্বভাবে অবস্থান করে। এটি মহাশূন্য গোলকের ক্ষেত্রে একটি মহাবৃত্ত।

(iii) দৃশ্যমান দিকচক্রবাল (Visible horizon) ঃ এটি এমন একটি মহাবৃত্ত, যা কোন পর্যবেক্ষণকারীর দৃষ্টিরেখা পৃথিবী-পৃষ্ঠকে স্পর্শ করে এবং পর্যবেক্ষণকারীর দৃশ্যরেখা বরাবর চলে যায়। চিত্র ১.৩-তে AB, CD ও EF যথাক্রমে মহাশূন্য দিকচক্রবাল, ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য দিকচক্রবাল ও দৃশ্যমান দিকচক্রবাল দেখানো হল–



চিত্র ঃ ১.৩ দৃশ্যমান দিকচক্রবাল

৮। পোলার বিষুব রেখা (Polar equator) ঃ এটি এমন একটি মহাবৃত্ত তল, যা পৃথিবীর মেরু বিন্দু হতে সমদূরবর্তী, পৃথিবীকে বেষ্টন করে থাকে এবং মেরু অক্ষের সাথে লম্বভাবে অবস্থান করে।

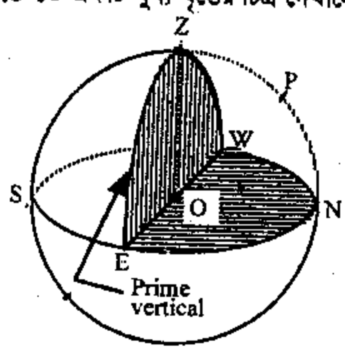
৯। মেরু অক্ষ (Polar axis) ঃ এটি এমন একটি রেখা, যা পৃথিবীর উত্তর ও দক্ষিণ মেরুকে সংযোগ সাধন করে এবং এই মেরু অক্ষের উপর পৃথিবী আবর্তন করে থাকে।

১২। মহাশূন্য বিষুব রেখা বা নিরক্ষরেখা (Celestial equator) ঃ এটি মহাশূন্য নিরক্ষরেখা হিসাবেও পরিচিত। এটি এমন একটি মহাবৃত্ত, যা পৃথিবীর কেন্দ্রগামী মেরু অক্ষের সমকোণে অবস্থান করে এবং মহাশূন্য গোলক বরাবর গমন করে। চিত্র ১.২-তে E_1EE_2 মহাশূন্য বিষুব রেখা দেখানো হল।

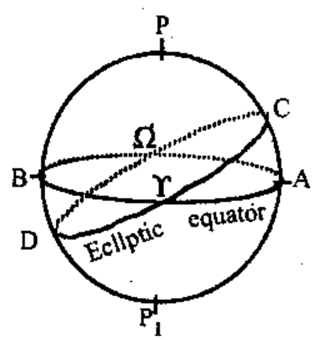
১১। মহাশূন্য মেরু (Celestial poles) ঃ পৃথিবীর মেরু অক্ষকে উভয় দিকে বর্ধিত করলে মহাশূন্য গোলকের যে বিন্দুতে মিলিত হয় বা ছেদ করে, তাকে মহাশূন্য মেরু বলে। চিত্র ১.২-তে P_1 ও P_2 মহাশূন্য মেরু।

১২। মুখ্য বৃত্ত (Prime vertical) ঃ এটি জেনিথ ও নাদির বিন্দুগামী মহাবৃত্ত। সুতরাং কোন স্থানের মেরিডিয়ান বলতে জেনিথ, নাদির ও মেরুগামী বৃত্তকে বুঝাবে। পূর্ব-পশ্চিম বিন্দু সংযোগকারী উল্লম্ব বৃত্তকে মুখ্য বৃত্ত বা আদর্শ বৃত্ত বা মৌলিক উল্লম্ব বৃত্ত বলে।

চিত্র ১.৪-তে একটি মুখ্য বৃত্তের চিত্র দেখানো হল–



চিত্র ঃ ১.৪ মুখ্য বৃত্ত



চিত্র ঃ ১.৫ ক্রান্তি বৃত্ত

১৩। রবিমার্গ/ক্রান্তি বৃত্ত (Ecliptic) ঃ মহাশূন্য সূর্য যে পথে পৃথিবীকে কেন্দ্র করে সারা বৎসর পরিভ্রমণ করে, তাকে রবিমার্গ বা ক্রান্তি বৃত্ত বা ইকলিপটিক (Ecliptic) বলে।

রবিমার্গতল ও বিষুবতল কখনও একসাথে মিলে যায় না। এই উভয়ের মধ্য বিরাজমান কোণকে রবিমার্গের তীর্যক গতি (Obliquity of the ecliptic) বলে। এর মান প্রায় 23°27′ ধরা হয়।

রবিমার্গ ও নিরক্ষবৃত্তের ছেদ বিন্দুকে সমরাত্র দিন (Equinoxes) বলে। সূর্য অবনমন যখন দক্ষিণ হতে উত্তরের দিকে বিষুব রেখাকে অতিক্রম করে তখন ঐ বিন্দুকে মহাবিষুব বা মেষ বিন্দু (Vernal equinox or First point of arises) বলে। এটিকে ϒ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। আবার অপর ছেদ বিন্দু, সূর্য যখন নিরক্ষ বৃত্তের উত্তর দিক হতে দক্ষিণ দিকে গমন করে, তখন তাকে বলে তুলা বিন্দু বা জলবিষুব (First point of libra or Autumnal equinox)। একে Ω দ্বারা প্রকাশ করা হয়। চিত্রে ১.৫-এ মহাবিষুব ও জলবিষুব দেখানো হয়েছে। মহাবিষুব বসন্তের প্রারম্ভে ২১ শে মার্চ এবং জলবিষুব ২৩ সেপ্টেম্বর শরতের প্রারম্ভে ঘটে।

১৪। নটিক্যাল মাইল (Nautical mile) ঃ দুই বিন্দু সংযোগকারী পৃথিবীর পৃষ্ঠের উপর যে চাপ (দূরত্ব) পৃথিবীর কেন্দ্রে এক মিনিট কোণ উৎপন্ন করে ঐ চাপ দূরত্বকে এক নটিক্যাল মাইল বলে। এর পরিমাই 6076 ফুট বা 1852 মিটারের সমান।

১৫। অবনমন ও সহ-অবনমন (Declination and co-declination) ঃ কোন স্বর্গীয় বস্তুর অবনমন বলতে মধ্যরেখা বরাবর বিষুব রেখা পর্যন্ত কৌণিক দূরত্ব বুঝায়। একে δ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। আবার সহ-অবনমন বা মেরুক দূরত্ব বলতে স্বর্গীয় বস্তুর মেরু হতে কৌণিক দূরত্বকে বুঝায়। সহ-অবনমন $= 90° - \delta$ ধরা হয়।

১৬। দক্ষিণারোহণ (Right ascension) ঃ স্বর্গীয় বস্তুর মধ্যরেখা এবং মহাবিষুব বরাবর মধ্যরেখার কৌণিক দূরত্বে দক্ষিণারোহণ বলে। দক্ষিণারোহণ মহাবিষুব হতে পূর্ব দিকে 0° হতে 180° পর্যন্ত গণনা করা হয়।

১৭। দিগংশ (Azimuth) ঃ কোন স্বর্গীয় বস্তুর দিগংশ বলতে ঐ বস্তু বরাবর উল্লম্ব বৃত্ত এবং পর্যবেক্ষণকারীর মধ্যরেখার অন্তর্গত কোণকে বুঝায়। এটি জেনিথ, নাদির ও পোলগামী সমতল এবং জেনিথ, নাদির ও বস্তুগামী সমতলের অন্তর্গত গোলকীয় কোণ। আজিমাথের পরিমাণ 180° এর বেশি হবে না।

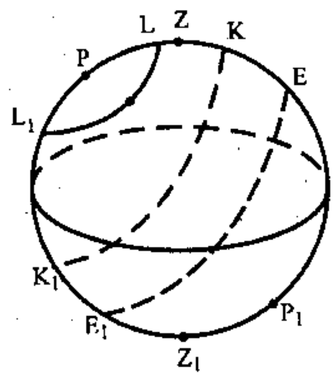
১৮। কাল কোণ (Hour angle) ঃ কোন স্বর্গীয় বস্তুর কাল কোণ বলতে বস্তু বরাবর অবনমন বৃত্ত এবং পর্যবেক্ষণকারীর মধ্যরেখার পোলের অন্তর্গত গোলকীয় কোণকে বুঝায়। কাল কোণ জানা থাকলে কোন তারকা কখন মধ্যরেখা অতিক্রম করে তা হিসাব করে বের করা যায়। কাল কোন গণনার জন্য 0 হতে 24 ঘণ্টা ধরা হয়।

১৯। উন্নতি বা উচ্চতা (Altitude) ঃ স্বর্গীয় কোন বস্তুর উচ্চতা বলতে দিগন্তরেখা হতে কৌণিক উল্লম্ব দূরত্বকে বুঝায়, যা বস্তু বরাবর দিগন্তের উল্লম্বিক চাপ পরিমাপ করা হয়।

আবার, জেনিথ হতে স্বর্গীয় বস্তুর কৌণিক দূরত্বকে সহ-উচ্চতা (Co-altitude) । একে জেনিথ দূরত্বও বলা হয়। উচ্চতাকে α দ্বারা প্রকাশ করা হয়। সহ-উচ্চতা বা জেনিথ দূরত্ব $= 90° - \alpha$।

২০। সর্বোচ্চ সীমা (Culmination) ঃ যখন কোন তারকা বা নক্ষত্র বা স্বর্গীয় বস্তু দর্শকের মধ্যরেখা অতিক্রম করে তখন একে নক্ষত্রের বা স্বর্গীয় বস্তুর সীমা বলা হয়। একটি পূর্ণ আবর্তে একটি তারকা দু'বার মধ্যরেখা অতিক্রম করে। যখন একটি তারকার সর্বোচ্চ সীমা K তখন একে তারকার উর্ধ্বতম সর্বোচ্চ সীমা এবং উচ্চতা সর্বনিম্ন k_1, তখন একে তারকার নিম্নতম সর্বোচ্চ সীমা বলে।

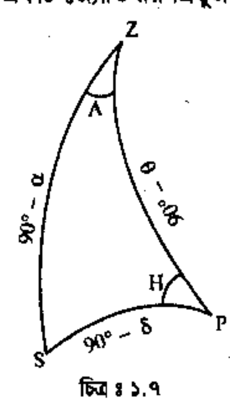
চিত্র ১.৬-এ সর্বোচ্চ সীমা দেখানো হল–



চিত্র ঃ ১.৬

২১। অস্তহীন নক্ষত্র (Circumpolar star) ঃ যে তারকা সর্বদা দিগন্তের উপর থাকে কখনই অস্ত যায় না, এরকম তারকা বা নক্ষত্রকে অস্তহীন নক্ষত্র বলে। এরূপ তারকার মেরুক দূরত্ব দর্শকের অক্ষাংশের কম হয়।

২২। জ্যোতির্বীয় ত্রিভুজ (Astronomical triangle) ঃ জেনিথ, মেরু ও স্বর্গীয় বস্তু বরাবর (তারকা বা নক্ষত্র) মহাবৃত্ত চাপ দ্বারা গঠিত ত্রিভুজকে জ্যোতির্বীয় ত্রিভুজ বলে। চিত্রে ZPS একটি জ্যোতির্বীয় ত্রিভুজ দেখানো হল।



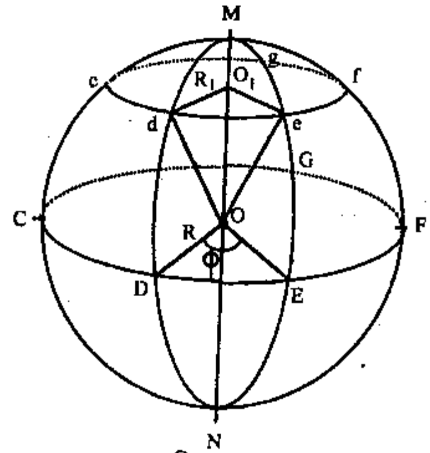
চিত্র ঃ ১.৭

১.২ মহাবৃত্ত চাপের দৈর্ঘ্য (Length of the great circle arc) ঃ

চিত্রে CDEFG একটি মহাবৃত্ত; MON = গোলকের ব্যাস যা বৃত্ত তলের সাথে লম্ব এবং তার প্রান্ত বিন্দুদ্বয় গোলকের মেরু।
M ও N = মহাবৃত্তের মেরুদ্বয়

R = গোলকের ব্যাসার্ধ

ϕ = মহাবৃত্ত চাপ DE দ্বারা কেন্দ্র 'O' তে উৎপন্ন কোণ।



চিত্র ঃ ১.৮

এখন চাপ DE = R ϕ

OM (মেরু দূরত্ব), CDEFG এর উপর লম্ব

$\therefore \angle MOD = 90°$

এখানে চাপ MD গোলকের কেন্দ্রে 90° কোণ সৃষ্টি করেছে। অর্থাৎ মহাশূন্য মেরু M হতে মহাবৃত্তের উপর যে কোন বিন্দুর কৌণিক দূরত্ব হবে 90°।

১.৩ লঘু বৃত্তচাপের দৈর্ঘ্য (Length of a small circle arc) ঃ

মনে করি, চিত্র ১.৮-এ cdefg একটি লঘু বৃত্ত।

ধরি, O_1 = লঘু বৃত্তচাপের কেন্দ্র। M ও N = লঘু বৃত্তের মেরুদ্বয়।

$R_1 = O_1d$ = লঘু বৃত্তের ব্যাসার্ধ।

de = লঘু বৃত্তের চাপের দৈর্ঘ্য নির্ণয় করতে হবে।

এবং R = OD = OE = মহাবৃত্তের ব্যাসার্ধ।

ধরি, মহাবৃত্ত M ও d বরাবর অতিক্রম করে মহাবৃত্ত CDEFG-এর D বিন্দুতে ছেদ করল, অনুরূপভাবে মহাবৃত্ত M ও e বরাবর অতিক্রম করে মহাবৃত্ত CDEFG-এর E বিন্দুতে ছেদ করল।

এখন চাপ, de = $R_1 \times \angle do_1e$

এবং চাপ DE = $R \times \angle DOE$

কিন্তু $do_1e = \angle DOE$ (যেহেতু O_1d ও OD সমান্তরাল এবং de ও DE সমান্তরাল।

$\therefore \frac{\text{চাপ de}}{\text{চাপ DE}} = \frac{R_1}{R}$ .... (i)

যেহেতু $\angle do_1o$ এক সমকোণ

$\therefore \frac{R_1}{R} = \frac{O_1d}{OD} = \sin\angle doo_1 = \sin Md$

এখন $\frac{\text{চাপ de}}{\text{চাপ DE}} = \sin Md = \cos dD$

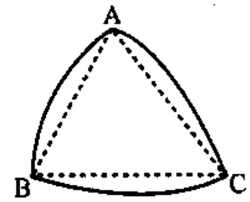
বা, চাপ de = চাপ DE $\times \cos dD$

যেহেতু, Md + dD = 90°

অথবা, চাপ de = চাপ DE cos dD.

১.৪.১ (ক) গোলকীয় ত্রিভুজ (Spherical triangle) ঃ

কোন গোলকপৃষ্ঠের উপর তিনটি মহাবৃত্ত চাপ দ্বারা গঠিত ত্রিভুজকে গোলকীয় ত্রিভুজ বলে। গোলকীয় ত্রিভুজের বাহুগুলো মহাবৃত্ত চাপের অংশবিশেষ। মহাবৃত্তের দুটি চাপের দ্বারা উৎপন্ন কোণকে গোলকীয় কোণ (Spherical angle) বলে। চাপের ছেদ বিন্দুতে স্পর্শক অংকন করলে সমতলিক কোণের মান পাওয়া যায়। চিত্র ১.৯-এ একটি গোলকীয় (ABC) ত্রিভুজের চিত্র দেয়া হল।



চিত্র ঃ ১.৯

১.৪.১ (খ) গোলকীয় ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল (Area of a spherical triangle) ঃ

গোলকীয় আধিক্যের মান জানা থাকলে নিম্নের সূত্রের সাহায্যে গোলকীয় ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল নির্ণয় করা যায়।

গোলকীয় ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল, $\Delta = \pi R^2 \times \frac{Se}{180°}$

যেখানে, $Se = A + B + C - 180°$ = গোলকীয় আধিক্য

R = গোলকের ব্যাসার্ধ

১.৪.১ (গ) গোলকীয় আধিক্য (Spherical excess) ঃ

গোলকীয় ত্রিভুজের তিন কোণের সমষ্টি 180° অপেক্ষা যে পরিমাণ বেশি হয়, তাকে গোলকীয় আধিক্য (Spherical excess) বলে। গোলকীয় ত্রিভুজের তিনটি কোণের মান যথাক্রমে A, B ও C হলে গোলকীয় আধিক্য, $Se = A + B + C - 180°$ হবে।

আবার যদি গোলকীয় ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল জানা থাকে তবে নিম্নের সূত্রের সাহায্যে গোলকীয় আধিক্যের মান নির্ণয় করা যায়।

গোলকীয় আধিক্য, $E_s^c = \frac{A}{R^2}$ রেডিয়ান

$= \frac{A}{R^2} \times \frac{180°}{\pi}$ ডিগ্রি

$= \frac{A}{\pi R^2} \times 180°$ ডিগ্রি

যেখানে, R = পৃথিবীর ব্যাসার্ধ (মিটার)

১.৪.২ গোলকীয় ত্রিভুজের ধর্ম (Properties of spherical triangle) ঃ

কোন গোলকপৃষ্ঠের উপর তিনটি মহাবৃত্ত দ্বারা গঠিত ত্রিভুজকে গোলকীয় ত্রিভুজ বলে। এর প্রতিটি বাহু এক একটি মহাবৃত্ত চাপের অংশবিশেষ। একটি গোলকীয় ত্রিভুজের ধর্মগুলো নিম্নরূপ ঃ

(ক) এর যেকোন দুই বাহুর সমষ্টি তৃতীয় বাহু অপেক্ষা বৃহত্তর।

(খ) প্রতিটি কোণের মান দুই সমকোণ বা π অপেক্ষা কম হবে।

(গ) এর বৃহত্তর বাহুর বিপরীত কোণ ক্ষুদ্রতর বাহুর বিপরীত কোণ অপেক্ষা বৃহত্তর হবে।

(ঘ) এর তিন কোণের সমষ্টি দুই সমকোণ বা π অপেক্ষা বেশি হবে।

(ঙ) এর বৃহত্তর বাহুর বিপরীত কোণ বৃহত্তর ও ক্ষুদ্রতর বাহুর বিপরীত কোণ ক্ষুদ্রতর হবে।

অনুশীলনী-১

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর :

১। **জ্যোতিষীয় জরিপ বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৬, ১৩, ১৪, ১৬(পরি)]

উত্তর : যে পদ্ধতি বা কলাকৌশলের মাধ্যমে মহাজগতের জোতিষ্কসমূহের অবস্থান পর্যবেক্ষণ করে পার্থিব বস্তুর অবস্থান নির্ণয় করা হয়, তাকে জ্যোতিষীয় জরিপ বলে। এ জরিপের সাহায্যে মধ্যরেখা, অক্ষাংশ, দ্রাঘিমাংশ, দিগংশ, সময় ইত্যাদি নির্ণয় করা যায়।

২। **গোলক বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : গোলক এমন একটি গোলাকার বস্তু, যা কোন বৃত্ত বা অধিবৃত্তের ব্যাসের উপর ঘূর্ণায়মান হয়ে তৈরি হয়। গোলকের পৃষ্ঠ হতে ঐ গোলকের কেন্দ্র পর্যন্ত দূরত্বকে ব্যাসার্ধ বলে। এর যেকোন তল বরাবর ছেদ করলে বৃত্ত পাওয়া যাবে।

৩। **গোলকীয় ত্রিকোণমিতি বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর : মহাশূন্য গোলকে যে সকল জ্যোতিষ্ক বা স্বর্গীয় বস্তু অবস্থান করে তার অবস্থান জানার জন্য যে ত্রিকোণমিতির সাহায্য নেওয়া হয়, তাকে গোলকীয় ত্রিকোণমিতি বলে।

৪। **ক্ষুদ্রবৃত্ত বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : মহাশূন্য গোলকের কেন্দ্র ছাড়া যেকোন তল বরাবর ছেদ করলে যে বৃত্ত উৎপন্ন হয়, তাকে ক্ষুদ্রবৃত্ত বলে।

৫। **মহাবৃত্ত বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : মহাশূন্য গোলকের কেন্দ্র বরাবর কোন তল দ্বারা ছেদ করলে যে বৃত্ত উৎপন্ন হয়, তাকে মহাবৃত্ত বলে।

৬। **মহাশূন্য গোলক বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]

উত্তর : রাত্রিবেলায় পরিষ্কার আকাশের দিকে তাকালে অসংখ্য তারকারাজি বিভিন্ন উজ্জ্বলতায় জল জল করতে দেখা যায়। এ সকল তারকারাজি একটি অসীম ব্যাসার্ধের অর্ধগোলকের গায়ে খচিত আছে বলে মনে হয়। পৃথিবীকে কেন্দ্রবিন্দু মনে করে অসীম ব্যাসার্ধের দ্বারা গঠিত এ কাল্পনিক গোলককেই মহাশূন্য গোলক বলে।

৭। **সুবিন্দু এবং কুবিন্দু বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০১]

উত্তর : পর্যবেক্ষণকারী কোন স্টেশনে উল্লম্বিক রেখা মহাশূন্য গোলকের উপরের যে বিন্দুতে ছেদ করে, তাকে সুবিন্দু এবং পর্যবেক্ষণকারী স্টেশনে উল্লম্বিক রেখা মহাশূন্য গোলকের নীচের বিন্দুতে ছেদ করলে তাকে কুবিন্দু বলে।

৮। **দিকচক্রবাল বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : এটি এমন একটি মহাবৃত্ত, যা জেনিথ ও নাদির রেখার সমকোণে গোলকপৃষ্ঠকে বেষ্টন করে অবস্থান করে। দিকচক্রবাল তিন প্রকার হয়, যথা–

১। মহাশূন্য দিকচক্রবাল
২। ইন্দ্রিয়গাহ্য দিকচক্রবাল
৩। দৃশ্যমান দিকচক্রবাল

৯। **মহাশূন্য দিকচক্রবাল কী?**

উত্তর : এটি এমন একটি মহাবৃত্ত তল, যা পৃথিবীর কেন্দ্রগামী জেনিথ-নাদির সংযোগকারী রেখার সমকোণে মহাশূন্য গোলককে বেষ্টন করে অবস্থান করে। জেনিথ ও নাদির মহাশূন্য গোলকের মেরু হিসাবে ধরা হয়।

১০। **ইন্দ্রিয়গাহ্য দিকচক্রবাল বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : এটি পর্যবেক্ষণকারী ব্যক্তির চক্ষু বরাবর তল, যা পর্যবেক্ষণকারীর অবস্থান থেকে খাড়া নীচের রেখার সাথে লম্বভাবে অবস্থান করে। এটি মহাশূন্য গোলকের ক্ষেত্রে একটি মহাবৃত্ত।

১১। দৃশ্যমান দিকচক্রবাল বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ এটি এমন একটি মহাবৃত্ত, যা কোন পর্যবেক্ষণকারীর দৃষ্টিরেখা পৃথিবীপৃষ্ঠকে স্পর্শ করে এবং পর্যবেক্ষণকারীর দৃশ্যরেখা বরাবর চলে যায়।

১২। মহাশূন্য বিষুবরেখা বা নিরক্ষরেখা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ এটি এমন একটি মহাবৃত্ত, যা পৃথিবীর কেন্দ্রগামী মেরু অক্ষের সমকোণে অবস্থান করে এবং মহাশূন্য গোলক বরাবর গমন করে।

১৩। মহাশূন্য মেরু কী?

উত্তর ঃ পৃথিবীর মেরু অক্ষকে উভয় দিকে বর্ধিত করলে মহাশূন্য গোলকে যে বিন্দুতে মিলিত হয় বা ছেদ করে, তাকে মহাশূন্য মেরু বলে।

১৪। মুখ্যবৃত্ত বা মৌলিক উল্লম্ব বৃত্ত বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ এটি জেনিথ ও নাদিরগামী একটি মহাবৃত্ত। জেনিথ নাদিরগামী পূর্ব ও পশ্চিম বিন্দু সংযোগকারী উল্লম্ব বৃত্তকে মুখ্য বৃত্ত বা মৌলিক উল্লম্ব বৃত্ত বলে।

১৫। ক্রান্তি বৃত্ত কাকে বলে?

উত্তর ঃ মহাশূন্য সূর্য যে পথে পৃথিবীকে কেন্দ্র করে সারা বৎসর পরিভ্রমণ করে, তাকে রবিমার্গ বা ক্রান্তি বৃত্ত বলে।

১৬। নটিক্যাল মাইল কী?

অথবা, নটিক্যাল মাইল কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর ঃ দুই বিন্দু সংযোগকারী পৃথিবীপৃষ্ঠের উপর যে চাপ (দূরত্ব) পৃথিবীর কেন্দ্রে এক মিনিট কোণ উৎপন্ন করে, তাকে নটিক্যাল বা এক নৌমাইল বলে। এক নটিক্যাল মাইল 6076 ফুট বা 1852 মিটারের সমান।

১৭। দক্ষিণারোহণ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ স্বর্গীয় বস্তুর মধ্যরেখা এবং মহাবিষুব বরাবর মধ্যরেখার কৌণিক দূরত্বকে দক্ষিণারোহণ (R.A) বলে। দক্ষিণারোহণ মহাবিষুব হতে পূর্ব দিকে $0°$ হতে $180°$ পর্যন্ত গণনা করা হয়।

১৮। দিগংশ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ কোন স্বর্গীয় বস্তুর দিগংশ বলতে ঐ বস্তু বরাবর উল্লম্ব বৃত্ত এবং পর্যবেক্ষণকারীর মধ্যরেখার অন্তর্গত কোণকে বুঝায়। এটি জেনিথ নাদির ও পোলগামী সমতল এবং জেনিথ-নাদির ও বস্তুগামী সমতলের অন্তর্গত গোলকীয় কোণ।

১৯। কাল কোণ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ কোন স্বর্গীয় বস্তু বরাবর অবনমন বৃত্ত এবং পর্যবেক্ষণকারীর মধ্যরেখা পোলের (মেরুর) অন্তর্গত গোলকীয় কোণকে বুঝায়। কাল কোণ জানা থাকলে কোন তারকা কখন মধ্যরেখা অতিক্রম করে তা হিসাব করে বের করা যায়।

২০। অস্তহীন নক্ষত্র কী?

উত্তর ঃ যে তারকা সর্বদা দিগন্তের উপর থাকে, কখনই অস্ত যায় না, এরকম তারকাকে অস্তহীন নক্ষত্র বলে।

২১। মহাবিষুব বা মেষ বিন্দু বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ সূর্য অবনমন যখন দক্ষিণ হতে উত্তরের দিকে বিষুবরেখাকে অতিক্রম করে তখন ঐ বিন্দুকে মহাবিষুব বা মেষ বিন্দু বলে। একে γ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

২২। তুলা বিন্দু বা জলবিষুব বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ সূর্য যখন নিরক্ষবৃত্তের উত্তর দিক থেকে দক্ষিণ দিকে গমন করে তখন তাকে তুলা বিন্দু বা জলবিষুব বলে। একে Ω দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

২৩। সমরাত্র দিন (Equinoxes) কী?

উত্তর ঃ রবিমার্গ ও নিরক্ষবৃত্তের ছেদ বিন্দুকে সমরাত্র দিন বলে। এ সময় রাত্র ও দিনের পরিমাণ সমান হয়।

২৪। মহাবিষুব ও জলবিষুব বছরের কোন সময়ে সংঘটিত হয়?

উত্তর ঃ মহাবিষুব বসন্তের প্রারম্ভে ২১ মার্চ এবং জলবিষুব ২৩ সেপ্টেম্বর শরতের প্রারম্ভে ঘটে।

২৫। **জ্যোতিষীয় ত্রিভুজ বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ জেনিথ, নাদির ও স্বর্গীয় বস্তু (তারকা বা নক্ষত্র) বরাবর মহাবৃত্ত চাপ দ্বারা গঠিত ত্রিভুজকে জ্যোতিষীয় ত্রিভুজ বলে।

২৬। **গোলকীয় ত্রিভুজ বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

অথবা, গোলীয় ত্রিভুজ কী? [বাকাশিবো-২০০৬, ১০, ১০(পরি)]

উত্তর ঃ কোন গোলকপৃষ্ঠের উপর তিনটি মহাবৃত্ত চাপ দ্বারা গঠিত ত্রিভুজকে গোলকীয় ত্রিভুজ বলে।

২৭। **গোলকীয় ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল কীভাবে নির্ণয় করবে?**

উত্তর ঃ গোলকীয় আধিক্যের মান জানা থাকলে নিম্নের সূত্রের সাহায্যে গোলকীয় ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল নির্ণয় করা যায়।

গোলকীয় ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল, $\Delta = \pi R^2 \times \frac{Se}{180°}$

যেখানে, গোলকীয় আধিক্য, $Se = A + B + C - 180°$

R = গোলকের ব্যাসার্ধ।

২৮। **গোলকীয় আধিক্য বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৭, ০৬]

অথবা, গোলকীয় আধিক্য কী? [বাকাশিবো-২০০৮]

অথবা, গোলকীয় আধিক্য কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর ঃ গোলকীয় ত্রিভুজের তিন কোণের সমষ্টি 180° অপেক্ষা যে পরিমাণ বেশি হয়, তাকে গোলকীয় আধিক্য বলে।

গোলকীয় আধিক্য, $Se = \frac{A}{R^2}$ রেডিয়ান

যেখানে A = গোলকীয় ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল

R = গোলকের ব্যাসার্ধ।

২৯। **গোলকীয় আধিক্য নির্ণয়ের সূত্রটি লেখ।** [বাকাশিবো-২০১১, ১২]

উত্তর ঃ গোলকীয় ত্রিভুজের কৌণিক মান দেওয়া থাকলে–

গোলকীয় আধিক্য, $Se = A + B + C - 180°$

যেখানে, A, B, C ত্রিভুজের গোলকীয় কোণসমূহ।

গোলকীয় ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল ও গোলকের ব্যাসার্ধ জানা থাকলে

গোলকীয় আধিক্য, $Se = \frac{A}{R^2}$ রেডিয়ান

যেখানে, A = গোলকীয় ত্রিভুজের ক্ষেত্রফল

R = গোলকের ব্যাসার্ধ।

৩০। **রবিমার্গের তীর্যক গতি কী?**

উত্তর ঃ রবিমার্গতল ও বিষুবতল কখনও একত্রে মিলে যায় না। এই উভয়ের মধ্যে বিরাজমান কোণকে রবিমার্গের তীর্যক গতি (Obliquity of Ecliptic) বলে। এর মান 23°27′ ধরা হয়।

৩১। **বিষুব লম্ব বা অবনমন বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০১৩, ১৬(পরি)]

উত্তর ঃ কোন স্বর্গীয় বস্তুর বিষুব লম্ব বা অবনমন বলতে মধ্যরেখা বরাবর বিষুবরেখা পর্যন্ত কৌণিক দূরত্বকে বুঝায়। একে δ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **ক্ষুদ্রবৃত্ত ও মহাবৃত্ত বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৬, ১৪]

উত্তর ঃ **ক্ষুদ্রবৃত্ত (Small circle) ঃ** মহাশূন্য গোলকের কেন্দ্র ছাড়া যে কোন তল বরাবর ছেদ করলে যে বৃত্ত উৎপন্ন হয়, তাকে ক্ষুদ্রবৃত্ত বলে।

মহাবৃত্ত (Great circle) ঃ মহাশূন্য গোলকের কেন্দ্র বরাবর কোন তল দ্বারা ছেদ করলে যে বৃত্ত উৎপন্ন হয়, তাকে মহাবৃত্ত বলে।

২। **মহাশূন্য গোলক বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ রাত্রিবেলায় পরিষ্কার আকাশের দিকে তাকালে অসংখ্য তারকারাজি বিভিন্ন উজ্জ্বলতায় জ্বল জ্বল করতে দেখা যায়। এ সকল তারকারাজি একটি অসীম ব্যাসার্ধের অর্ধগোলকের গায়ে খচিত আছে বলে মনে হয়। পৃথিবীকে কেন্দ্রবিন্দু মনে করে অসীম ব্যাসার্ধের দ্বারা গঠিত এ কাল্পনিক গোলককেই মহাশূন্য গোলক বলে।

৩। **সুবিন্দু ও কুবিন্দু বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো–২০০১]

উত্তর ঃ পর্যবেক্ষণকারী কোন স্টেশনে উল্লম্বিক রেখা মহাশূন্য গোলকের উপরের যে বিন্দুতে ছেদ করে তাকে সুবিন্দু এবং পর্যবেক্ষণকারী স্টেশনে উল্লম্বিক রেখা মহাশূন্য গোলকের নীচের বিন্দুতে ছেদ করলে তাকে কুবিন্দু বলে।

৪। **দিকচক্রবাল বলতে কী বুঝায়? এটি কত প্রকার ও কী কী?**

উত্তর ঃ দিকচক্রবাল এমন একটি মহাবৃত্ত, যা জেনিথ ও নাদির রেখার সমকোণে গোলকপৃষ্ঠকে বেষ্টন করে অবস্থান করে। দিকচক্রবাল তিন প্রকার হয়, যথা– মহাশূন্য দিকচক্রবাল, ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য দিকচক্রবাল ও দৃশ্যমান দিকচক্রবাল।

৫। **মহাশূন্য দিকচক্রবাল ও দৃশ্যমান দিকচক্রবাল বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ **মহাশূন্য দিকচক্রবাল ঃ** এটা এমন একটি মহাবৃত্ত তল, যা পৃথিবীর কেন্দ্রগামী জেনিথ-নাদির সংযোগকারী রেখার সমকোণে মহাশূন্য গোলককে বেষ্টন করে অবস্থান করে। জেনিথ ও নাদির মহাশূন্য গোলকের কেন্দ্র হিসাবে ধরা হয়।

দৃশ্যমান দিকচক্রবাল ঃ এটা এমন একটি মহাবৃত্ত, যা কোন পর্যবেক্ষণকারীর দৃষ্টিরেখা পৃথিবীপৃষ্ঠকে স্পর্শ করে এবং পর্যবেক্ষণকারীর দৃশ্যরেখা বরাবর চলে যায়।

৬। **পোলার বিষুবরেখা ও মহাশূন্য বিষুবরেখা বলতে কী বুঝায়?**

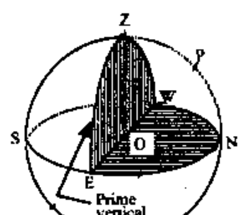
উত্তর ঃ **পোলার বিষুবরেখা (Polar equator) ঃ** এটা এমন একটি মহাবৃত্ত তল, যা পৃথিবীর মেরুবিন্দু হতে সমদূরবর্তী, পৃথিবীকে বেষ্টন করে থাকে এবং মেরু অক্ষের সাথে লম্বভাবে অবস্থান করে।

মহাশূন্য বিষুবরেখা (Celestial equator) ঃ এটা এমন একটি মহাবৃত্ত, যা পৃথিবীর কেন্দ্রগামী মেরু অক্ষের সমকোণে অবস্থান করে এবং মহাশূন্য গোলক বরাবর গমন করে।

৭। **মুখ্য বৃত্ত বা আদর্শ বৃত্ত বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ **মুখ্য বৃত্ত (Prime vertical) ঃ** এটি জেনিথ ও নাদির বিন্দুগামী মহাবৃত্ত। সুতরাং কোন স্থানের মেরিডিয়ান বলতে জেনিথ, নাদির ও মেরুগামী বৃত্তকে বুঝাবে। পূর্ব-পশ্চিম বিন্দু সংযোগকারী উল্লম্ব বৃত্তকে মুখ্য বৃত্ত বা আদর্শ বৃত্ত বা মৌলিক উল্লম্ব বৃত্ত বলে।

একটি মুখ্য বৃত্তের চিত্র দেখানো হল–



চিত্র ঃ মুখ্য বৃত্ত

৮। **রবিমার্গ বা ক্রান্তিবৃত্ত বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ মহাশূন্যে পৃথিবী যে পথে সূর্যকে কেন্দ্র করে সারা বছর পরিভ্রমণ করে, তাকে রবিমার্গ বা ক্রান্তিবৃত্ত বলে। বছরের বিভিন্ন সময়ে এ ক্রান্তি বৃত্তের অবস্থান পরিবর্তন হয়। এ পরিবর্তনের ফলেই শীত-গ্রীষ্মের আগমন ঘটে।

৯। **মহাবিষুব ও জলবিষুব বলতে কী বুঝায়? বছরের কোন কোন সময় এদের আগমন ঘটে?**

উত্তর ঃ সূর্য অবনমন যখন দক্ষিণ হতে উত্তরের দিকে বিষুবরেখাকে অতিক্রম করে তখন ঐ বিন্দুকে মহাবিষুব বা মেষ বিন্দু বলে। একে γ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

আবার সূর্য যখন নিরক্ষবৃত্তের উত্তর দিক হতে দক্ষিণ দিকে গমন করে তখন ঐ বিন্দুকে জলবিষুব বা তুলা বিন্দু বলে। একে Ω দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

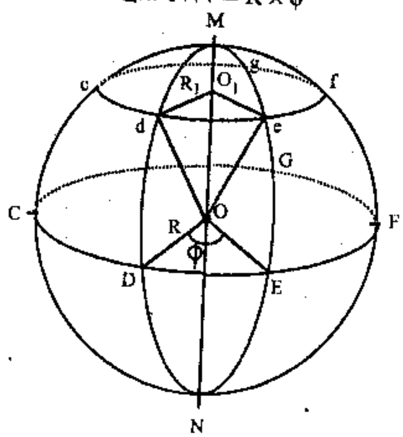
মহাবিষুব বসন্তের প্রারম্ভে ২১ মার্চ এবং জলবিষুব ২৩ সেপ্টেম্বর শরতের প্রারম্ভে ঘটে।

১০। **অবনমন ও সহ-অবনমন বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো–২০০৫]

উত্তর ঃ কোন মহাশূন্য বস্তুর অবনমন বলতে মধ্যরেখা বরাবর বিষুবরেখা পর্যন্ত কৌণিক দূরত্বকে বুঝায়। একে δ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। আবার সহ-অবনমন বলতে মহাশূন্য বস্তুর মেরু হতে কৌণিক দূরত্বকে বুঝায়। সহ-অবনমন $= 90° - \delta$ ধরা হয়।

১১। **মহাশূন্য গোলকের চাপের দৈর্ঘ্য কীভাবে নির্ণয় করবে?**

উত্তর ঃ নিম্নে মহাশূন্য গোলকের চাপের দৈর্ঘ্য নির্ণয় প্রক্রিয়া উল্লেখ করা হল–
চিত্রে CDEFG একটি মহাশূন্য বৃত্ত; MON = গোলকের ব্যাস, যা বৃত্ততলের সাথে লম্ব।
M ও N = মহাবৃত্তের মেরুদ্বয়; R = গোলকের ব্যাসার্ধ; DE = মহাবৃত্ত চাপ।
$\phi = \angle DOE$ = DE চাপ দ্বারা কেন্দ্রে উৎপন্ন কোণ
∴ মহাবৃত্ত চাপ, DE = গোলকের ব্যাসার্ধ × কেন্দ্রীয় কোণ = $R \times \phi$



১২। **গোলকীয় ত্রিভুজের ধর্মসমূহ উল্লেখ কর।**
অথবা, গোলকীয় ত্রিভুজের ধর্মগুলো লেখ।
[বাকাশিবো-২০০১,
[বাকাশিবো-২০১৩, ১৬(পা

উত্তর ঃ কোন গোলকপৃষ্ঠের উপর তিনটি মহাবৃত্ত দ্বারা গঠিত ত্রিভুজকে গোলকীয় ত্রিভুজ বলে। এর প্রতিটি বাহু একটি মহাবৃত্ত চাপের অংশবিশেষ। একটি গোলকীয় ত্রিভুজের ধর্মগুলো নিম্নরূপ ঃ
(ক) এটির যেকোন দুই বাহুর সমষ্টি তৃতীয় বাহু অপেক্ষা বৃহত্তর।
(খ) প্রতিটি কোণের মান দুই সমকোণ বা π অপেক্ষা কম হবে।
(গ) এর বৃহত্তর বাহুর বিপরীত কোণ ক্ষুদ্রতর বাহুর বিপরীত কোণ অপেক্ষা বৃহত্তর হবে।
(ঘ) এর তিন কোণের সমষ্টি দুই সমকোণ বা π অপেক্ষা বেশি হবে।
(ঙ) এর বৃহত্তর বাহুর বিপরীত কোণ বৃহত্তর ও ক্ষুদ্রতর বাহুর বিপরীত কোণ ক্ষুদ্রতর হবে।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **নিম্নোক্ত বিষয়গুলোর সংজ্ঞা লেখ।**
(ক) মহাবৃত্ত ও ক্ষুদ্রবৃত্ত
(খ) সুবিন্দু ও কুবিন্দু
(গ) মহাশূন্যে দিকচক্রবাল ও দৃশ্যমান দিকচক্রবাল
(ঘ) পোলার বিষুবরেখা ও মহাশূন্য বিষুবরেখা।

উত্তর সংকেত ঃ ১.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২। **নিম্নোক্ত বিষয়গুলোর সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।**
(ক) মহাশূন্য মেরু ও মেরু অক্ষ
(খ) মুখ্য বৃত্ত ও ক্রান্তি বৃত্ত
(গ) অবনমন ও সহ-অবনমন
(ঘ) সর্বোচ্চ সীমা

উত্তর সংকেত ঃ ১.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৩। **মহাবৃত্ত ও লঘুবৃত্ত চাপের দৈর্ঘ্য নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত ঃ ১.২ এবং ১.৩ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

— ◈ —