

Kleine Mitteilungen

Objektyp: **Group**

Zeitschrift: **Elemente der Mathematik**

Band (Jahr): **4 (1949)**

Heft 3

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

<http://www.e-periodica.ch>

d . Die Projektion von \vec{D}_A hat den Wert $\Theta_d \omega$, da die Geschwindigkeitsverteilung die einer Rotation um d ist. Da sich d translatorisch verlagert, sind ferner Projektionsbildung und Ableitung nach der Zeit vertauschbar, so daß die Projektion von $d\vec{D}_A/dt$ auf d durch $d(\Theta_d \omega)/dt$ gegeben wird. Das Vektorprodukt $[\vec{v}_A, \vec{J}]$ steht normal zur Bewegungsebene, ist also parallel zu d . Seine Projektion auf d verschwindet daher genau dann, wenn es selbst 0 ist. Wenn wir von den trivialen Fällen $\vec{v}_A \equiv 0$ und $\vec{J} \equiv 0$ absehen, ist das dann und nur dann der Fall, wenn \vec{v}_A und \vec{J} dauernd parallel sind. $\vec{J} = m \vec{v}_S$ steht wegen der Rotation um d senkrecht zum Abstand r des Schwerpunktes von der Momentanachse (Fig. 1). Also muß dies auch für \vec{v}_A der Fall sein. Dann sind aber die Orthogonalprojektionen von \vec{v}_A und \vec{v}_S auf r beide 0, und dies ist gleichbedeutend damit, daß die Länge von r sich nicht ändert. Diese Bedingung ist also notwendig und hinreichend dafür, daß die Projektion von $[\vec{v}_A, \vec{J}]$ auf d verschwindet. Ist sie erfüllt, so wird wegen des Satzes von STEINER auch Θ_d zeitunabhängig, und man erhält aus (10) das Gesetz (3):

$$\frac{d}{dt} (\Theta_d \omega) = \Theta_d \frac{d\omega}{dt} = M_d.$$

W. PROKOP, Winterthur.

Kleine Mitteilungen

I. Der Zusammenhang zwischen dem Berührungsproblem von Apollonius und einer Aufgabe der darstellenden Geometrie¹⁾

Für das Berührungsproblem von APOLLONIUS, bei dem die Kreise gesucht werden, die drei gegebene Kreise berühren, ist von GERGONNE folgende Lösung angegeben worden:

Sind etwa diejenigen beiden Kreise gesucht, die alle drei gegebenen Kreise k_i ($i = 1, 2, 3$) von außen bzw. umschließend berühren, so suche man die Pole P_i der äußeren Ähnlichkeitsachse der k_i . Verbindet man diese Pole mit dem Potenzzentrum P der k_i , so schneiden diese Geraden die k_i in den sechs Berührungspunkten der beiden gesuchten Kreise.

Einen planimetrischen Beweis findet man etwa in DÖRRIE, *Triumph der Mathematik*.

Es ist nun bemerkenswert, daß man diese Konstruktion zwangsläufig erhält, wenn man die Aufgabe löst, die gemeinsamen Punkte S von drei Rotationskegeln mit parallelen Achsen und gleichen Öffnungswinkeln mit den Methoden der darstellenden Geometrie zu finden. Setzt man nämlich einen Drehkegel mit demselben Öffnungswinkel so in die andern hinein, daß er sie berührt, so wird seine Spitze in den gemeinsamen Schnittpunkt S der drei gegebenen Kegel zu liegen kommen, und ein beliebiger ebener Schnitt senkrecht zu den Kegelachsen zeigt, daß mit der Konstruktion dieses Punktes S die Apolloniusche Kreisauflage gelöst ist. Zu diesem Zwecke wird man nun, da sich ähnliche Drehkegel mit parallelen Achsen bekanntlich in ebenen Kurven, Hyperbeln, schneiden, die drei Hyperbelebenen zu schneiden versuchen und dabei feststellen, daß sie eine Schnittgerade gemeinsam haben. Diese ist dann noch mit einem der Kegel zu durchstoßen. Bei der Durchführung der Konstruktion wird man gewahr, daß sie sich

¹⁾ Dieser Zusammenhang findet sich im Rahmen der Theorie der «Zyklographischen Abbildungen», d. h. einer Zuordnung der orientierten Kreise der Ebene zu den Punkten des Raumes, dargestellt bei E. MÜLLER, *Vorlesungen über darstellende Geometrie*, Bd. 2: *Zyklographie* (Deuticke, Leipzig und Wien 1923), und bei FIEDLER, *Darstellende Geometrie*, Bd. 1 (Teubner, Leipzig 1883). Zur weiteren Orientierung über derartige Abbildungen vgl. etwa KLEIN, *Höhere Geometrie* (Springer, Berlin 1926).

völlig mit der planimetrischen von GERGONNE deckt, und dies soll nun im folgenden näher erläutert werden.

In Fig. 1 sind zwei senkrecht stehende Doppelkegel K_1, K_2 in Grund- und Aufriß dargestellt. Ihre Spitzen sind S_1, S_2 , ihre Grundkreise k_1, k_2 . Die Schnittgerade s der beiden gemeinsamen Tangentialebenen hat den Spurpunkt A_{12} , der zugleich äußerer Ähnlichkeitspunkt der Kreise k_1, k_2 ist. Die Berührungsmantellinien der Tangentialebenen liegen in zwei parallelen Ebenen E_1, E_2 , deren Spuren e_1, e_2 die Polaren von A_{12} bezüglich k_1, k_2 sind. Die Potenzlinie m_{12} der beiden Kreise ist Mittelparallelle von e_1, e_2 , denn sie halbiert die Abschnitte der gemeinsamen Tangenten an diese Kreise.

Verschiebt man die Grundrißebene parallel, so ändert sich nichts an der letzten Tatsache, und es ergibt sich, daß alle so erzeugten m_{12} in der Mittelparallellebene M_{12} von E_1 und E_2 liegen. Soweit sich die Kegel schneiden, gehen die m_{12} als Potenzlinien durch die Schnittkurve der Kegel. Diese liegt also in der Ebene M_{12} und besteht daher in zwei Hyperbelastén.

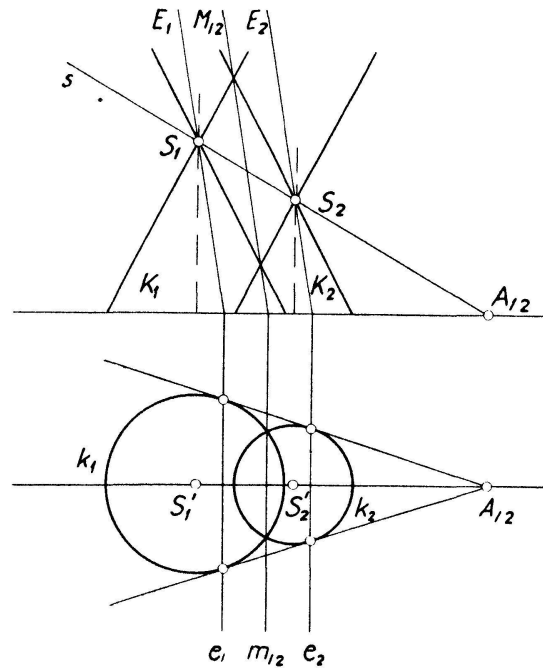


Fig. 1

Liegt die Grundrißebene zwischen den Spitzen S_1, S_2 , so wird A_{12} zum inneren Ähnlichkeitspunkt.

Dies vorausgeschickt, ist es nun leicht, zu der Konstruktion von GERGONNE zu gelangen.

Über den Kreisen k_i ($i = 1, 2, 3$) denke man sich ähnliche senkrechte Doppelkegel K_i errichtet. Die Ähnlichkeitsachse a ist die Spur der Ebene durch die Spitzen S_i . Jede der drei Ebenen M_{ik} , in denen die Schnitthyperbeln des i -ten und k -ten Kegels liegen, ist parallel zu den beiden Ebenen, die durch die Berührungsmantellinien der Tangentialebenen an den i -ten und k -ten Kegel bestimmt werden, also:

$$M_{12} \parallel E_1 \parallel E_2'; \quad M_{23} \parallel E_2 \parallel E_3'; \quad M_{31} \parallel E_3 \parallel E_1'.$$

In Fig. 2, die als Grundrißebene gedacht werden muß, sind die Spuren dieser Ebenen gezeichnet (kleine Buchstaben).

Die Spuren e_i und e_i' schneiden sich bzw. in den Polen P_i der Ähnlichkeitsachse a bezüglich der k_i . Verbindet man die P_i mit den entsprechenden Kegelspitzen S_i , so sind die drei Geraden $P_i S_i$, deren Grundrisse $P_i S_i'$ senkrecht zu a sind, als Schnittgeraden paarweise paralleler Ebenen selbst parallel. Ferner ist jede der Ebenen M_{ik} zu diesen Geraden parallel. Da außerdem ihre Spuren m_{ik} Potenzlinien sind, so schneiden sich die M_{ik} in einer Geraden g , die parallel zu den Geraden $P_i S_i$ ist.

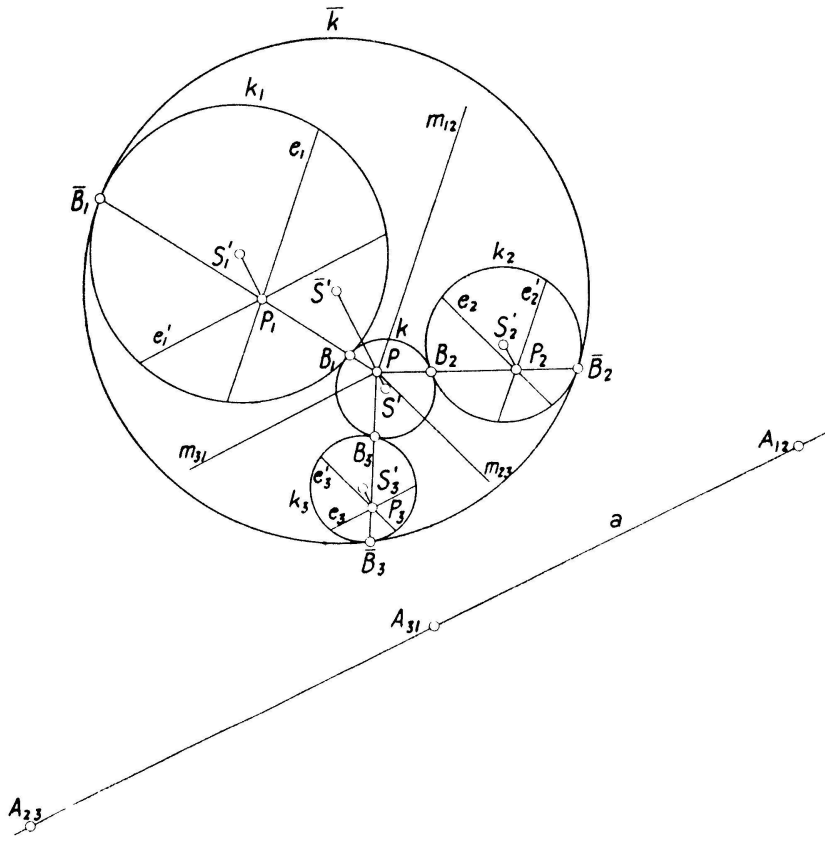


Fig. 2

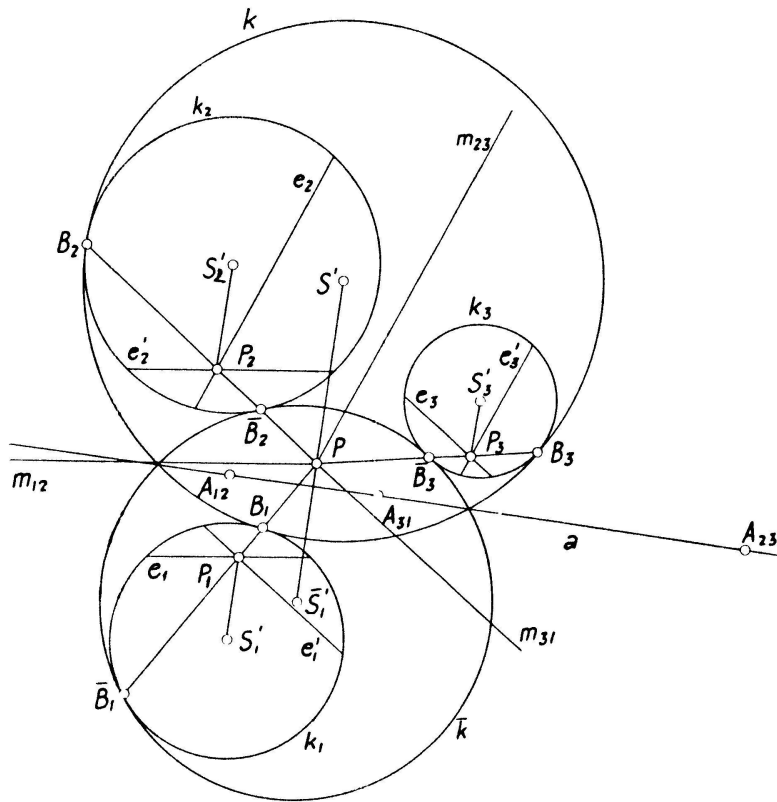


Fig. 3

Diese Gerade g muß nun aber durch die beiden gemeinsamen Punkte S (unten) \bar{S} (oben) der drei Kegelflächen gehen, in denen sich je drei der Hyperbeläste schneiden, denn sie ist ja Schnittgerade der Hyperbelebenen.

Man denke sich jetzt die beiden ähnlichen Kegelflächen K und \bar{K} , die die drei Kegelflächen K_i berühren. Ihre Spitzen müssen in S und \bar{S} liegen, ihre Grundkreise k und \bar{k} berühren die Kreise k_i von außen bzw. umschließend.

Legt man endlich noch die drei Ebenen durch $P_i S_i$, die sich in der Geraden g durch $SP\bar{S}$ schneiden, so müssen diese Ebenen, da sie durch die Spitzen sich berührender Kegel gehen (z. B. S und S_1), die sechs Berührungsmantellinien enthalten. Ihre Spuren PP_i gehen durch die sechs Berührungspunkte B_i, \bar{B}_i .

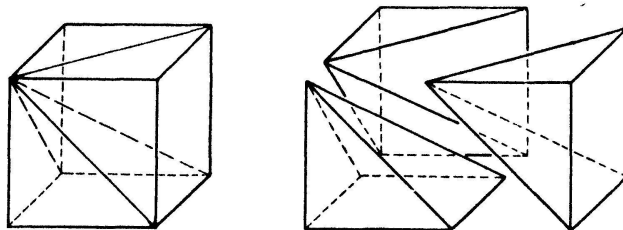
Legt man schließlich die Grundrißebene so, daß etwa die Spitze S_1 oberhalb, die Spitzen S_2, S_3 unterhalb von ihr liegen, so erhält man den zweiten möglichen, von Fig. 2 verschiedenen Fall, daß k die Kreise k_2, k_3 und \bar{k} den Kreis k_1 umschließend berührt (Fig. 3 [links oben ist S'_1 durch S'_2 zu ersetzen]). HANS SCHWARZ, St. Gallen.

II. Über eine Dreiteilung des Würfels und Methodisches zur Volumenberechnung der Pyramide

1. Ein Würfel läßt sich in drei kongruente Pyramiden zerlegen. Diese sind leicht zu erkennen, wenn man von einer Ecke aus die Raumdiagonale und die drei Flächen-diagonalen zieht (siehe Figur). Diese Aufteilungsmöglichkeit bleibt in euklidischen Räumen von beliebiger Dimensionszahl entsprechend erhalten. Es wäre vielleicht interessant, zu vernehmen, ob eine solche Aufteilung schon beschrieben wurde, und wenn ja, von wem.

Denkt man sich statt des Würfels ein Parallelepiped, so geht die kongruente Teilung in eine nur noch dem Inhalt nach gleiche über. Auch diese bleibt in höheren Räumen erhalten.

2. Zur Herleitung der Volumenformel für die Pyramide wird gewöhnlich von einer speziellen, nämlich vom Tetraeder ausgegangen, welches zu einem dreiseitigen Prisma ergänzt wird¹⁾.



Bei dieser Methode besteht aber für die Schüler eine nicht zu verkennende Gefahr. Sie werden dazu verleitet, anzunehmen, daß die Zahl 3 im Nenner der Volumenformel ursächlich mit dem Umstand zusammenhänge, daß eben von einer Pyramide mit dreieckiger Basis ausgegangen wird. Aber der Nenner hängt nicht mit der Basis der Ausgangsform zusammen, sondern er ist authentischer Ausdruck der Raumdimension, was bei der Formel für die n -dimensionale Pyramide sofort klar wird. Diese lautet

$$\text{Volumen einer } n\text{-dimensionalen Pyramide} \\ = \frac{\text{Volumen der } (n - 1)\text{-dimensionalen Basis} \times \text{Höhe}}{n}$$

¹⁾ Siehe dazu etwa W. BENZ, *Leitfaden der Stereometrie* (Orell Fübli, Zürich und Leipzig 1938).

Da diese Formel in der Mittelschule nicht behandelt werden kann, muß der Anstoß zu falscher Auffassung anders behoben werden. In Anlehnung an die oben beschriebene Teilung des Parallellachs kann dies dadurch geschehen, daß man von einer Pyramide mit einem Parallelogramm als Basis ausgeht. Da die Seitenzahl der neuen Basis und die Zahl 3 des Nenners zueinander prim sind, ist die Konstruktion eines falschen kausalen Zusammenhanges ausgeschlossen.

Der vorgeschlagene Weg ist auch methodisch einheitlicher, indem er die Linie fortsetzt, welche schon in der Planimetrie eingeschlagen wurde, wo zunächst dem Quadrat als Flächeneinheit vor dem Dreieck der Vorzug gegeben wird und dann deswegen gewöhnlich das Rechteck und das Parallelogramm vor dem Dreieck behandelt werden. Später, bei den Volumen, wird analog beim Würfel, und nicht etwa beim Tetraeder begonnen und von da zum Quader und Parallellach, lauter Körpern mit viereckigen Begrenzungen, fortgeschritten.

Etwas anderes ist hingegen die Herleitung der Volumenformel für das Prisma, wo von einer dreieckigen Basis aus der Schluß auf eine n -eckige ermöglicht wird (direkte Verallgemeinerung). Bei der Pyramide wird zuerst der Satz von der Inhaltsgleichheit zweier Pyramiden mit beliebigen gleichen Basen und gleicher Höhe hergeleitet und dann von einer speziellen auf die allgemeine Pyramide geschlossen (indirekte Verallgemeinerung).

Es ist also zulässig, als spezielle Pyramide eine solche mit einem Parallelogramm als Basis zu wählen, welche zu einem Parallellach ergänzt wird. Dies ist wegen der Erhaltung der Aufteilungsmöglichkeit des Parallellachs in höheren Räumen um so gerechtfertigter. Man hat dann, statt der Ableitungsreihe

Parallellach – dreiseitiges Prisma $\left\{ \begin{array}{l} \text{allgemeines Prisma} \\ \text{dreiseitige Pyramide – allgemeine Pyramide} \end{array} \right.$
 folgende neue Reihe

Parallellach $\left\{ \begin{array}{l} \text{dreiseitiges Prisma – allgemeines Prisma} \\ \text{Pyramide mit Parallelogramm als Basis – allgemeine Pyramide.} \end{array} \right.$

A. MARET, Biel.

III. *A propos du pentagone*

Théorème: Soient A, B, C, D, E les sommets d'un pentagone régulier et M un point quelconque de l'arc AE du cercle circonscrit.

Alors la distance du point M au sommet le plus éloigné est moyenne géométrique entre la somme des distances du point M aux sommets les plus rapprochés et aux deux autres sommets.

Démonstration: Soit x le côté du pentagone et y sa diagonale.

En appliquant le théorème de PTOLÉMÉE aux quadrilatères $MACE$ et $MBCD$, on obtient:

$$\overline{MC} \cdot x = \overline{MA} \cdot y + \overline{ME} \cdot y \quad \text{et} \quad \overline{MC} \cdot y = \overline{MB} \cdot x + \overline{MD} \cdot x.$$

Et après avoir éliminé x et y , on a:

$$\boxed{\overline{MC}^2 = (\overline{MA} + \overline{ME})(\overline{MB} + \overline{MD})}.$$

Corollaires: 1° – M coïncide avec E . Alors $\overline{ME} = 0$; $\overline{MC} = \overline{MB} = y$; $\overline{MA} = \overline{MD} = x$, il reste:

$$y^2 = x(y + x) \quad \text{ou} \quad \frac{y}{y+x} = \frac{x}{y}$$

et l'on retrouve une relation connue entre le côté du pentagone et sa diagonale (division en moyenne et extrême raison).

2° — M est au milieu de AE . Alors

$\overline{MA} = \overline{ME}$ = le côté du décagone régulier convexe;

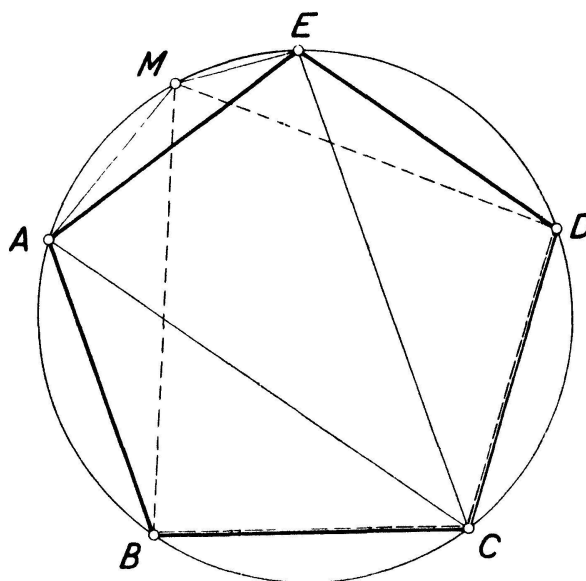
$\overline{MB} = \overline{MD}$ = le côté du décagone régulier étoilé,

$\overline{MC} = 2r$ = le diamètre du cercle circonscrit.

La formule précédente devient:

$$r^2 = c_{10 \text{ convexe}} : c_{10 \text{ étoilé}}$$

Donc, le rayon du cercle circonscrit à un décagone régulier est moyenne géométrique entre les côtés des polygones convexe et régulier.



Remarque: La méthode précédente peut être appliquée à d'autres polygones que le pentagone régulier.

G. BILGER, Genève.

Aufgaben

Aufgabe 34. Man bestimme (ohne Berücksichtigung des Luftwiderstandes) die kleinste Geschwindigkeit (und den entsprechenden Steigungswinkel), mit der eine Kugel geworfen werden muß, damit sie in der Entfernung a eine senkrechte Mauer von der Höhe h gerade überfliegt. E. ROTHMUND.

Lösung: Die Abwurfstelle A sei Ursprung eines kartesischen Koordinatensystems, in dem der Zielpunkt Z die Koordinaten (a, h) hat. Bedeuten dann t die Zeit, v die Abwurfgeschwindigkeit und φ den Steigungswinkel beim Abwurf, dann gelten die Gleichungen:

$$a = t v \cos \varphi, \quad h = t v \sin \varphi - \frac{g}{2} t^2.$$

Durch Elimination von t erhält man hieraus

$$h = a \operatorname{tg} \varphi - \frac{a^2 g}{2 v^2 \cos^2 \varphi}, \quad (*)$$