

# Colour quantity contrast in Itten's Theory: Spectrophotometry for verifying statements

## ABSTRACT

Colour quantity contrast originates from the quantitative ratio of two or more colours and no color stands out more than another if such report is balanced. Considering how the intensity parameter, defined as the brightness refers to a gray background of medium brightness, the values of the mutual relations between primary and secondary colours of subtractive synthesis: yellow: purple: blue: orange: red: green, reported by Itten that are attributed to Goethe are in order: 9:8:6:3:4:6. It is worth mentioning in this context that a detailed research on this matter leaves rather suppose that the authorship of these values is attributed to Schopenhauer. He however did not base its considerations on the intensity but the amount of energy that reaches the retina of the viewer. The study had as main objective the verification of this statement concerning the relationship between the three primary and three secondary subtractive synthesis colours through the specification of the colour using the spectrophotometric method. The results have confirmed what was expected in terms of quality of performance values of mutual relations of the six colours but showed a quantitative difference than the sestina, 9:8:6:3:4:6, reported by Itten.

## KEYWORDS

Colour, Colour quantity contrast, Colour contrast, Itten, Schopenhauer, Complementary colours

**Received** 7 July 2017; **Revised** 20 October 2017; **Accepted** 13 November 2017

**CITATION:** Di Tommaso A., Garro V., Gueli A. M., Martusciello S., Morelli M. D., Pasquale S. (2017) 'Colour quantity contrast in Itten's Theory: Spectrophotometry for verifying statements', *Cultura e Scienza del Colore - Color Culture and Science Journal*, 08, pp. 23-34, DOI: 10.23738/ccsj.i82017.02

**Agapito Di Tommaso** was Director of several European packaging printing industries. Now he is colour consultant and his research activity includes a new bottom-up approach in colour matching methodology.

**Vincenzo Garro** is a junior research fellow in Applied Physics at Catania University. His research activity is aimed to the characterization of historical pigments pure and in mixtures through spectrophotometric and colorimetric analysis and using Raman spectrometry.

**Anna Maria Gueli** is a Professor in Applied Physics at the University of Catania and the Head of PH3DRA (Physics for Dating Diagnostics Dosimetry Research and Applications) laboratories included in the European Research Infrastructure for Heritage Science through INFN Cultural Heritage Network (CHNet). Her research interests include interdisciplinary approaches to colour-difference evaluation and applied colorimetry starting from optical properties of materials.

**Maria Dolores Morelli** is a research professor of design, Department of Architecture and Industrial Design, University of Campania "Luigi Vanvitelli", ITALY. Scientific Director the Project of Applied Research LANDesign® and the International Master "LANDesign/ali-ment-azione/Diaeta Mediterranea"; Scientific member of "BENECON SCaRL Cultural Heritage, Economy, Design". Eight International International Awards received, including the Mention Premio ADI Compasso D'Oro International Awards 2015 "Design for Food and Local Heritage".

**Sabina Martusciello** is an associate professor of design, Department of Architecture and Industrial Design, University of Campania "Luigi Vanvitelli", ITALY. Dean "Design and Communication" Degree Course; Scientific Director the Project of Applied Research LANDesign®; Director the International Master "LANDesign/ali-ment-azione/Diaeta Mediterranea"; Board of Directions "BENECON SCaRL Cultural Heritage, Economy, Design". Eight International International Awards received, including the Mention Premio ADI Compasso D'Oro International Awards 2015 "Design for Food and Local Heritage".

**Stefania Pasquale** is a Research Fellow in "Diagnostics for characterisation and dating of archaeomaterials in Cultural Heritage and CHNet IPERION CH.it/E-RIHS networks" at National Institute for Nuclear Physics in Catania. She received a master degree in Sciences for Conservation and Restoration of Cultural Heritage from Parma University in 2011. Her research interests are colour science for polychrome works of art characterisation.

**<sup>1</sup>Agapito Di Tommaso**

info@persud.org

**<sup>2</sup>Vincenzo Garro**

enzogarro89@gmail.com

**<sup>2</sup>Anna Maria Gueli**

agueli@unicit.it

**<sup>3</sup>Sabina Martusciello**

sabina.martusciello@

unicampania.it

**<sup>3</sup>Maria Dolores Morelli**

mariadolores.morelli@

unicampania.it

**<sup>2</sup>Stefania Pasquale**

stefania.pasquale@ct.infn.it

**<sup>1</sup>APS P.E.R.SUD**

**<sup>2</sup>PH3DRA Labs (Physics for**

Dating Diagnostics Dosimetry

Research and Applications),

Dipartimento di Fisica e

Astronomia, Università di

Catania & INFN Sez. Catania

**<sup>3</sup>Laboratorio LANDesign®,**

Dipartimento di Architettura e

Disegno Industriale, Seconda

Università degli Studi di Napoli,

BENECON SCaRL SUN, UNINA,

UNISA, UNISANNIO

**Italian translation provided:**

*Il contrasto di quantità nella Teoria di Itten: la spettrofotometria per la verifica degli enunciati*

## 1. INTRODUCTION

The colour quantity contrast theory is born from the reciprocal quantitative relationship among two or more colours and it is generally attributed to Goethe. Itten himself fostered this idea attributing him the authorship.

Johannes Itten, in his book *"The Art of Color"* (Itten, 1997), described in detail the seven contrasts existing between colours. The last one was the quantity contrast that arose from the reciprocal quantitative relationship between two or more colours. According to Itten, two factors determined the effect of a colour: its luminous intensity and the size of the colour field. Because Itten was not able to measure these two parameters, especially the first one, in the absence of appropriate instruments, the only way to evaluate them was to compare them to a neutral background of medium luminosity. Referring to the studies carried out by Goethe, Itten reported a numerical scale of easy-to-use light values. However, he admitted that the hypothesized values were only approximate, relying only on the observing eye, even if adequately trained.

The values of the reciprocal relationships of colour brightness, according to Itten, would have been the following:

yellow	:	orange	:	red	:	violet	:	blue	:	green
9	:	8	:	6	:	3	:	4	:	6

According to Itten,

*"to translate the brightness values in harmonious values of quantity, the numeric ratio has to be inverted: so, yellow, for example, being three times brighter, should have a surface three times smaller than his complementary violet colour"* (Itten, 1997).

From this perspective, the quantity relationships available for complementary colours are the following:

yellow : violet	=	1/4 : 3/4
orange : blue	=	1/3 : 2/3
red : green	=	1/2 : 1/2

and so the harmonious proportion of the primary and secondary colours are:

yellow	:	orange	:	red	:	violet	:	blue	:	green
3	:	4	:	6	:	9	:	8	:	6

The Figure 1(a) shows Itten's chromatic reel with twelve colours, the Figure 1(b) the same reel in which the surfaces of primary and secondary colours are illustrated with the respective harmonious quantity values; in Figure 1(c) the

## 1. INTRODUZIONE

La teoria del contrasto di quantità nasce dal reciproco rapporto quantitativo tra due o più colori ed è generalmente attribuita a Goethe. Lo stesso Itten ha alimentato questa idea, attribuendogliene la paternità. Nel suo libro *Arte del colore* Johannes Itten (Itten, 1997) descriveva dettagliatamente i sette contrasti esistenti tra i colori. L'ultimo era, appunto, il contrasto di quantità che nasceva dal reciproco rapporto quantitativo tra due o più colori. Secondo Itten due fattori determinavano l'effetto di un colore: la sua intensità luminosa e le dimensioni del campo colorato. Non potendo misurare i due parametri indicati, specialmente il primo, in assenza di strumentazioni idonee, l'unico modo per poterli valutare era quello di confrontarli tra loro su di uno sfondo neutro di media luminosità. Riferendosi agli studi effettuati da Goethe, Itten riportava una scala numerica dei valori di luminosità di uso molto semplice, pur ammettendo che i valori ipotizzati erano solo approssimativi dovendo sempre affidarsi solo all'occhio dell'osservatore, quantunque adeguatamente educato.

I valori dei rapporti reciproci della luminosità dei colori, secondo Itten, sarebbero stati dunque, nell'ordine, i seguenti:

giallo	:	arancio	:	rosso	:	viola	:	blu	:	verde
9	:	8	:	6	:	3	:	4	:	6

Secondo quanto sosteneva Itten,

*"per tradurre i valori di luminosità in valori armonici di quantità, i rapporti numerici vanno invertiti: cioè, il giallo ad esempio essendo tre volte più luminoso dovrebbe occupare una superficie tre volte più piccola del suo complementare viola"* (Itten, 1997).

In tale ottica, i rapporti di quantità validi per i complementari sono i seguenti:

giallo : viola	=	1/4 : 3/4
arancio : blu	=	1/3 : 2/3
rosso : verde	=	1/2 : 1/2

e pertanto le proporzioni armoniche dei colori primari e secondari sono:

giallo	:	arancio	:	rosso	:	viola	:	blu	:	verde
3	:	4	:	6	:	9	:	8	:	6

Nella Figura 1(a) è riportato la prima ruota cromatica di Itten a dodici colori; nella Figura 1(b) si osserva la stessa ruota in cui le superfici dei soli sei colori primari e secondari sono illustrati con i rispettivi valori armonici di quantità; in



Figure 1 - (a) Itten's chromatic disc; (b) Itten's disc with the harmonious quantity values; (c) relationships between the harmonious values and the related complementary ones.

Figura 1 - (a) disco cromatico di Itten; (b) disco di Itten con i valori armonici di quantità; (c) rapporti tra i valori armonici dei complementari abbinati

relationships between the harmonious values and the related complementary ones are presented.

According to Itten, once established the proportions illustrated in Figure 1c, the harmonious quantity created an effect of stasis and quiet.

This research starts from some studies conducted by Schopenhauer in which he presented his theory concerning the relative relationships between colours. After a critical review of the Itten hypothesis, the goal of this work is the experimental checking of the colour quantity contrast according to Schopenhauer's theory.

The colour specification through spectrophotometric analysis simulates the visual perception of the human eye (*actio retinae*). For this reason, the measurements were carried out with this methodology on the samples prepared *ad hoc*.

The samples were designed to calculate the harmonious quantity values of the six primary and secondary colours of the subtractive synthesis for performing the comparison with the values attributing to them both by Itten and Schopenhauer.

In the following paragraphs, the research's successive steps will be described. First, in paragraph 2, the statements representing

Figura 1(c) sono indicati i rapporti tra i valori armonici esistenti dei complementari abbinati.

Itten affermava che i rapporti armonici, una volta stabilite le proporzioni illustrate in Figura 1c, creavano un effetto di stasi e di quiete.

Il presente lavoro prende spunto da alcuni studi di Schopenhauer dedicati al colore in cui è presente la teoria da questi formulata, in epoca precedente ad Itten, sui rapporti relativi tra i colori. Dopo aver valutato criticamente l'ipotesi di Itten, obiettivo della ricerca è stato la verifica sperimentale del contrasto di quantità secondo la formulazione di Schopenhauer.

Considerato che la specificazione del colore tramite il metodo spettrofotometrico a contatto simula il processo di percezione visiva dell'occhio (*actio retinae*), le misure sono state realizzate con questa metodologia su campioni appositamente preparati. Tali campioni sono stati realizzati al fine di calcolare i valori armonici di quantità di sei colori primari e secondari della sintesi sottrattiva per poi eseguire il confronto con i valori loro attribuiti tanto da Itten quanto da Schopenhauer.

I paragrafi che seguono descriveranno tutte le fasi del lavoro di ricerca. Dapprima, nel paragrafo 2, verrà analizzato l'enunciato che rappresenta la base teorica del presente lavoro. Successivamente, verrà presentato il modus operandi nella preparazione dei campioni

the theoretical basis of the work will be analysed. Then, the sample preparation and the spectrophotometric method respectively will be presented in paragraphs 3.1 and 3.2. The results will be discussed in paragraph 4 while the conclusions and perspectives of the work will be summarized in paragraph 5.

## 2. THE ANALYSIS OF THE STATEMENTS

Without prejudice regarding the importance of Itten's theory on the seven colour contrasts, this study is focused on a hypothesis of authorship of the statement on the contrast of a quantity different to Itten's one. There is no evidence in Goethe's works about colour of the reciprocal relationships and the series attributed to him by Itten. Also Goethe's table, representing the colour reel with surfaces and parity ratios between them, confirms what has been highlighted so far (Goethe, 1997).

Starting from the hypothesis that Itten's theory of quantity contrast could not be attributable to Goethe, it is permissible to inquire into the authorship of the statement. The answer is, in our opinion, in the Schopenhauer work. In fact, in the first edition, in Latin, of his writings (Schopenhauer, 1830), the young German philosopher, probably taking a cue from Aristotle (Giannantoni, 1973), describes in detail the relationships between the primary and the secondary colours as following:

*"...Ruber igitur cum viridi colore illius actionis sunt exacte dimidiatae: ejusdem vero duas tertias exhibit aurantiacus; coeruleus autem, utpote hujus complementum, tertiam duntaxat: flavus denique tres quartas, et proinde complementus ejus, violaceus color, quartam modo partem..."*

In the edition of 1859 (Schopenhauer, 2002) Schopenhauer, sustaining his thesis, inserted a schema in which, in addition to black and white, corresponding respectively to the 0 and 1 values, the relationships among the hues were:

black		0
violet : yellow	=	1/4 : 3/4
cyan : orange	=	1/3 : 2/3
green : red	=	1/2 : 1/2
white		1

An eminent confirmation of what has been observed can be found in Rudolph Arnheim (Arnheim, 2005), who faithfully reports the schema, clearly attributing to Schopenhauer the authorship of statement.

Also Renato Troncon, curator of the Italian edition of the "Theory of colours" of Goethe (Goethe, 1987)

analizzati e quindi il metodo spettrofotometrico a contatto, rispettivamente nei paragrafi 3.1 e 3.2. I risultati verranno discussi nel paragrafo 4, mentre le conclusioni e le prospettive del lavoro verranno presentate nel paragrafo 5.

## 2. ANALISI DEGLI ENUNCIATI

Fermo restando l'importanza della teoria di Itten sui sette contrasti dei colori, questo studio riporta l'attenzione su un'ipotesi di paternità dell'enunciato sul contrasto di quantità diversa da quella formulata da Itten. In nessuno degli scritti di Goethe dedicati al colore si trova evidenza dei rapporti reciproci e della serie attribuitagli da Itten. Anche la tavola di Goethe, rappresentativa della ruota dei colori a noi pervenuta con superfici e rapporti paritetici tra loro, conferma quanto fin qui evidenziato (Goethe, 1997).

Partendo dall'ipotesi che la teoria di Itten del contrasto di quantità possa non essere attribuibile a Goethe, è lecito interrogarsi sulla paternità dell'enunciato. La risposta si trova, a nostro avviso, nell'opera di Schopenhauer. Infatti nella prima edizione in latino di alcuni suoi scritti (Schopenhauer, 1830), il giovane filosofo tedesco prendendo probabilmente spunto da Aristotele (Giannantoni, 1973), descriveva dettagliatamente il rapporto esistente tra colori primari e secondari come segue:

*"...Ruber igitur cum viridi colore illius actionis sunt exacte dimidiatae: ejusdem vero duas tertias exhibit aurantiacus; coeruleus autem, utpote hujus complementum, tertiam duntaxat: flavus denique tres quartas, et proinde complementus ejus, violaceus color, quartam modo partem..."*

Nella seguente edizione del 1859 (Schopenhauer, 2002), Schopenhauer, a supporto della sua ipotesi, inseriva uno schema in cui, con l'aggiunta degli estremi del nero e del bianco, a cui faceva corrispondere rispettivamente i valori 0 ed 1, i rapporti tra le tinte erano:

nero		0
violetto : giallo	=	1/4 : 3/4
azzurro : arancione	=	1/3 : 2/3
verde : rosso	=	1/2 : 1/2
bianco		1

Un'autorevole conferma di quanto fin qui osservato, la ritroviamo in Rudolph Arnheim (Arnheim, 2005) che riporta fedelmente questo schema, attribuendo esplicitamente a Schopenhauer la paternità dell'enunciato.

D'altra parte, anche Renato Troncon, curatore dell'edizione italiana della "Teoria dei colori" di

said:

*"La concezione di Itten presenta tuttavia un motivo che non è di origine Goethiana ma va fatto risalire a Schopenhauer".*

After an accurate analysis of the schema previously exposed, a detail, not reported by Itten, important for the experimental check of the colour quantity contrast, was found. In the schema, in fact, not only the six primary and secondary colours of subtractive synthesis are described but also the black and white not as colours but as "limits" (Schopenhauer, 2002). Furthermore, this schema compares the retinal action of each colour respect to its complementary one and with respect to black, supposing its zero value. Schopenhauer (Schopenhauer, 2002) himself stated that

*"The precision of the fractions discovered by me...is...intuitive; remains subject of immediate judgment, and it has to be assumed as evident in itself; it is in fact difficult and perhaps impossible, to demonstrate it".*

Schopenhauer, in fact, did not have the technical instrument suitable to make the measurements and he formulated his statement on visual observation of each colour.

Instead, today, we have the skills and the instruments allowing us to accurately study this field.

Therefore, in this research work, the goal is to experimentally verify the schema suggested by Schopenhauer.

### 3. MATERIALS AND METHODS

#### 3.1 THE ANALYSED SAMPLES

In order to check on a wide set of materials the effectiveness of our thesis, two different categories of samples of six primary (yellow, magenta, cyan) and secondary (orange, violet and green) hues of subtractive synthesis have been prepared.

Liquitex Ink, LeFranc&Burgeois Flasche and Maimeri acrylic and Van Dyck Ferrario and Maimeri oil industrial products belong to the first category. They were painted on a hardbound support Acrylic Pad Galeria of Winsor & Newton 300 g/m<sup>2</sup>.

The only acrylic Maimeri was diluted with 20% in weight of water, while both two oils (Van Dyck Ferrario and Maimeri) were diluted with 20% in weight of oil.

Each colour was painted with three coats with a brush of natural bristle directly on hardbound support without any preparation.

With the same aim, the second category of

Goethe (Goethe, 1987), afferma:

*"La concezione di Itten presenta tuttavia un motivo che non è di origine Goethiana ma va fatto risalire a Schopenhauer".*

In seguito ad un'accurata analisi dello schema precedente riportato, si è notato un particolare, non riferito da Itten, di fondamentale importanza ai fini della verifica sperimentale del contrasto di quantità. Nello schema, infatti, sono riportati non solo i sei colori primari e secondari della sintesi sottrattiva, ma anche il nero ed il bianco, non in quanto colori ma come paletti di confine (Schopenhauer, 2002).

Tale schema, inoltre, mette a confronto l'azione sulla retina di ogni colore rispetto a al suo complementare e rispetto a quella del nero, ipotizzata di valore zero.

Lo stesso Schopenhauer (Schopenhauer, 2002) affermava che

*"L'esattezza delle frazioni da me scoperte...è...intuitiva; rimane oggetto del giudizio immediato e deve essere assunta come evidente di per sé; è infatti difficile, e forse impossibile, dimostrarla".*

A quei tempi, infatti, non si disponeva degli strumenti tecnici idonei alla misurazione ed egli formulò il suo enunciato sulla base della sola osservazione visiva di ogni colore. Oggi, invece, disponiamo di competenze e strumentazione che consentono di effettuare con precisione questa indagine.

In questo studio proponiamo, pertanto, una procedura applicativa per verificare lo schema suggerito da Schopenhauer.

### 3. MATERIALI E METODI

#### 3.1 I CAMPIONI ANALIZZATI

Ai fini di valutare su un ampio spettro di materiali la validità della tesi sostenuta, sono stati realizzati due differenti macrocategorie di campioni delle sei tinte primarie (giallo, magenta e ciano) e secondarie (arancio, viola e verde) della sintesi sottrattiva. Tutti i secondari sono stati ottenuti dalla miscela in rapporto 50:50 in peso dei relativi primari.

Alla prima categoria appartengono i prodotti industriali acrilici, nello specifico, Liquitex Ink, LeFranc&Burgeois Flasche e Maimeri e i prodotti ad olio, in particolare, Van Dyck Ferrario e Maimeri. Essi sono stati stesi su un supporto cartonato Acrylic Pad Galeria della Winsor & Newton da 300 g/m<sup>2</sup>.

L'acrilico Maimeri è stato diluito con 20% in peso di acqua, mentre i due oli (Van Dyck Ferrario e Maimeri) con 20% in peso di olio.

La stesura del colore è avvenuta mediante

samples was realized through powdered pigments. The primary pigments used by Itten were: ultramarine blue (codex CTS 0561), cinnabar (codex CTS 0607) and zinc yellow (codex CTS 0557) (CTS site, 2017). In this type of samples, for blue ones, specific quantity of green pigment (emerald green), for yellow ones, of red pigment (cinnabar), was added.

The pigments, after mixing with vehicle, in ratio 1:3 (pigment:vehicle) were painted on support prepared by Zecchi (codex Zecchi 4700) (Zecchi site, 2017). The employed vehicle was the casein (Matteini, 2004), a phosphoprotein obtained from milk in the form of colloidal dispersion, (codex Zecchi 2050) (Zecchi site, 2017).

The goal was to obtain samples having, in terms of colour coordinates, the theoretical values of CIELAB hues (Oleari, 2008). For example, the blue was obtained such as to have  $a^*$  coordinate equal to zero and the value of  $b^*$  negative as high as possible.

In total, thirty-six samples were obtained: six yellow paintings, six orange, six violet, six cyan, six green respectively for three types of vehicles: acrylic, oil and casein.

### 3.2 THE SPECTROPHOTOMETRIC ANALYSIS

The spectrophotometric analysis was carried out in two laboratories: PH3DRA (*Physics for Dating Diagnostics Dosimetry Research and Applications*) labs of the Catania University and BENECON labs of Napoli University.

In both laboratories, the analysis were performed by Konica Minolta spectrophotometer, CM 2600d model, with measurement geometry  $d/8^\circ$ , selecting an area of 6 mm in diameter (SAV, *Small Average Value*) following a specific standard protocol (Burrafato, 2005). The results are related to the D65 illuminant and the CIE 1931 standard colorimetric observer ( $2^\circ$  standard observer). It is normally used for the printing colour quality control.

Data were obtained from repeated measurements (5 different acquisitions) and the elaboration regarded SPEX/100 values (*SPecular component EXcluded and UV included*).

The acquisition were made using software SpectraMagic® (Konica Minolta site, 2017) and the data were elaborated with the Origin® software (OriginLab site, 2017).

The scale adjustment represents a very important step (Gueli, 2014) and it was performed using the White Calibration Plate (CM-A145) as a target for the maximum lightness and the device CM-A32 for the minimum lightness.

The results were elaborated focusing the *Spectral Reflectance Factor* (SRF%) trend in the visible region and the colour CIELAB coordinates (Oleari, 2008).

The total uncertainty associated with each measurement was calculated according to the

tre passaggi con pennello in setola naturale direttamente su cartoncino senza preparazione. La seconda categoria di campioni è stata realizzata mediante pigmenti in polvere sempre con lo stesso obiettivo. I pigmenti primari di Itten utilizzati sono: blu oltremare (codice CTS 0561), cinabro (codice CTS 0607) e giallo di zinco (codice CTS 0557) (CTS site, 2017). Questi, ad eccezione del rosso, sono stati corretti con quantità note di pigmento verde (verde smeraldo), per il blu e di pigmento rosso (cinabro), per il giallo.

I pigmenti, mediante la miscelazione con il legante, in rapporto 1:3 (pigmento:legante) sono stati stesi su tele preparate con gesso (codice Zecchi 4700) (Zecchi site, 2017). Il legante utilizzato è la caseina (Matteini, 2004), una fosfoproteina ottenuta dal latte in forma di dispersione colloidale, usato fin dai tempi antichi (codice Zecchi 2050) (Zecchi site, 2017).

Il fine è quello di ottenere dei campioni che rispecchino, in coordinate cromatiche, i valori teorici delle singole tinte per il sistema CIELAB (Oleari, 2008). Il blu, ad esempio, è stato ottenuto in modo tale da avere coordinata  $a^*$  nulla ed il più alto valore possibile di  $b^*$  (negativo).

In totale, sono stati ottenuti trentasei campioni: sei campiture gialle, sei arancioni, sei magenta, sei viola, sei ciano e sei verdi rispettivamente per i tre tipi di legante: acrilico, olio e caseina.

### 3.2 LE MISURE SPETROFOTOMETRICHE

Le misure spettrofotometriche sono state eseguite presso due laboratori: i laboratori PH3DRA (*Physics for Dating Diagnostics Dosimetry Research and Applications*) dell'Università degli Studi di Catania e quelli della BENECON dell'Università degli Studi di Napoli.

In entrambi i laboratori, le analisi sono state condotte tramite spettrofotometro Konica Minolta, modello CM2600d con geometria  $d/8^\circ$ , selezionando un'area di misura di diametro 6 mm (maschera *Small Average Value*, SAV) e seguendo un preciso standard di laboratorio (Burrafato, 2005).

Per l'esecuzione delle misure, è stato selezionato l'illuminante D65 e l'osservatore standard  $2^\circ$  del 1931 che è solitamente usato per la valutazione del colore nei controlli di qualità di stampa.

Per ogni campione sono state fatte cinque acquisizioni mediante il software SpectraMagic® (Konica Minolta site, 2017) e i dati sono stati elaborati con il software Origin® (OriginLab site, 2017). Le elaborazioni hanno riguardato i valori SPEX/100 (*SPecular component EXcluded and UV included*).

L'adjustment della scala rappresenta uno step di fondamentale importanza (Gueli, 2014) ed è stato realizzato usando lo standard White Calibration Plate (CM-A145) come target per il massimo di luminosità e il device CM-A32 per il

propagation uncertainty theory, as the square root of the squaring sum of standard deviation and instrumental error. This last contribution was estimated on the basis of CIELAB coordinates measured on *White Calibration Plate*.

#### 4. RESULTS AND DISCUSSION

The thirty-six samples, prepared according to the procedure described in paragraph 3.2, were analysed by spectrophotometric measurements performed at Catania and Napoli Universities. Each sample was analysed with the same type of instrumentation and following the same experimental parameters illustrated in paragraph 3.2.

Tables 1 and 2 show the average values with related errors of colour coordinates for the six Yellow (Y), Orange (O), Magenta (M), Violet (V), Cyan (C) and Green (G) samples prepared with acrylic, oil and casein vehicles, respectively in the two laboratories.

As said in the introduction, this study is born from the hypothesis according to which the Itten primary and secondary hues are in a specific relationship, as is illustrated with the values and the related sum in the first column of Table 3.

In order to compare the data of colour coordinates experimentally measured and those hypothesized in Itten statement, the percentage ratio between each reciprocal values of brightness colours, reported by Itten and intuited by Schopenhauer, and the sum of values of brightness of the six colours are calculated and reported in the second column of Table 3.

Furthermore, for each sample of Tables 1 and 2,

minimo di luminosità.

Sono stati elaborati degli spettri in cui è analizzato l'andamento del Fattore di Riflettanza Spettrale (*Spectral Reflectance Factor*, SRF%) nella regione del visibile e le coordinate di colore nello spazio CIELAB 1976 (Oleari, 2008).

L'errore totale, associato ad ogni misura, è stato calcolato, secondo la teoria di propagazione dell'errore, come la radice quadrata della somma in quadratura della deviazione standard e dell'errore strumentale. Quest'ultimo contributo è stato stimato sulla base delle coordinate CIELAB misurate sul *White Calibration Plate*.

#### 4. RISULTATI E DISCUSSIONE

I trentasei campioni, preparati secondo le modalità descritte nel paragrafo 3.2, sono stati analizzati mediante misure di spettrofotometria a contatto eseguite presso i laboratori dell'Università degli Studi di Catania (UniCT) e quelli dell'Università degli Studi di Napoli (UniNA). Ogni campione è stato analizzato con lo stesso tipo di strumentazione e utilizzando i medesimi parametri sperimentali descritti nel paragrafo 3.2.

Nelle Tabelle 1 e 2 sono elencati i valori medi delle coordinate cromatiche con i relativi errori ottenuti per i sei campioni di colore giallo, arancione, magenta, viola, ciano e verde, stesi mediante legante acrilico, olio e caseina rispettivamente nei due laboratori coinvolti.

Come dettagliato nell'introduzione, il presente lavoro nasce dall'ipotesi che le tinte primarie e secondarie di Itten stiano in un rapporto preciso descrivibile con le cifre riportate nella prima

ACRYLIC - ACRILICO									
Hue Cromia	Liquitex Ink			Lefranc			Maimeri		
	L*±δ	a*±δ	b*±δ	L*±δ	a*±δ	b*±δ	L*±δ	a*±δ	b*±δ
Y - Giallo	92,8±2,8	-15,1±0,5	87,0±3,4	89,2±2,7	-1,6±0,5	103,0±3,2	90,8±2,7	-7,5±0,9	101,7±3,0
O - Arancione	41,1±1,4	56,7±1,8	23,6±0,8	52,4±1,6	48,6±1,6	43,3±1,5	56,2±1,7	60,1±1,9	49,8±1,5
M - Magenta	43,4±1,8	62,6±2,3	4,0±2,2	43,8±1,3	66,0±2,0	-4,3±0,3	51,9±1,6	68,9±2,1	18,2±1,0
V - Viola	33,1±1,1	18,6±0,6	-24,8±0,8	36,4±1,3	11,0±0,4	-37,7±1,3	41,2±1,2	13,1±0,4	-21,8±0,7
C - Ciano	54,4±1,6	-17,7±0,6	-32,8±1,1	44,2±1,3	-24,5±0,8	-30,3±1,0	53,5±1,6	-12,6±0,4	-25,4±0,8
G - Verde	54,9±1,7	-46,3±1,4	9,6±0,4	47,2±1,4	-46,0±1,4	28,2±0,9	53,7±1,6	-33,9±1,6	22,2±0,8

Table 1 - Average values and related errors of L\* a\* b\* for all samples analyzed at Catania University labs prepared with acrylic, oil and casein.

OIL - OLIO						
Hue Cromia	Van Dick Ferrario			Maimeri		
	L*±δ	a*±δ	b*±δ	L*±δ	a*±δ	b*±δ
Y - Giallo	91,9±2,8	-14,2±0,6	91,6±2,8	88,3±2,7	-4,0±0,6	99,2±3,0
O - Arancione	56,1±1,8	60,1±2,0	41,1±1,2	46,4±1,5	62,3±1,9	37,4±1,2
M - Magenta	51,0±1,8	74,9±2,3	6,2±2,6	42,8±1,4	70,7±2,1	0,9±1,2
V - Viola	29,2±2,2	18,9±1,6	-36,8±1,1	21,0±0,7	10,7±0,4	-21,8±1,4
C - Ciano	41,8±2,1	-5,6±2,1	-47,4±1,6	25,7±1,2	-6,1±1,0	-24,5±1,2
G - Verde	45,6±1,4	-56,1±1,8	6,6±0,5	32,8±1,1	-36,9±1,5	4,7±0,3

Tabella 1 - Valori medi e relativi errori di L\*a\*b\* per tutti i campioni analizzati a UniCT stesi con acrilico, con olio e caseina.

Hue Cromia	CASEIN - CASEINA		
	L*±δ	a*±δ	b*±δ
Y - Giallo	70,1±2,3	13,0±0,8	62,2±2,3
O - Arancione	53,1±1,6	33,7±1,0	38,4±1,2
M - Magenta	43,5±1,3	44,1±1,3	25,2±0,8
V - Viola	30,1±1,0	-0,3±0,1	-7,3±0,5
C - Ciano	33,1±1,1	0,3±0,1	-25,4±0,8
G - Verde	40,7±2,0	-21,8±0,7	8,5±0,6

Table 2 - Average values and related errors of L\* a \*b\* for all samples analyzed at Napoli University labs prepared with acrylic, with oil and casein

Tabella 2 - Valori medi e relativi errori di L\*a\*b\* per tutti i campioni analizzati presso UniNA stesi con acrilici, con olio e caseina

ACRYLIC - ACRILICO									
Hue Cromia	Liquitex Ink			Lefranc			Maimeri		
	L*±δ	a*±δ	b*±δ	L*±δ	a*±δ	b*±δ	L*±δ	a*±δ	b*±δ
Y - Giallo	90,4±2,7	-6,2±0,6	94,0±3,1	86,4±2,6	8,5±0,4	100,8±3,1	88,6±2,7	1,7±0,1	100,5±3,0
O - Arancione	40,9±1,3	51,4±1,6	21,9±0,7	52,6±1,7	45,3±1,4	43,2±1,5	55,3±1,8	56,1±1,7	47,9±1,7
M - Magenta	42,3±1,3	55,0±1,7	2,5±0,4	42,8±1,3	57,7±1,8	-6,8±0,3	50,9±1,5	64,5±1,9	14,2±0,6
V - Viola	33,8±1,0	14,3±0,4	-24,3±0,7	37,5±1,3	2,1±0,1	-33,6±1,3	42,0±1,3	9,6±0,3	-22,0±0,7
C - Ciano	57,2±1,7	-26,3±1,0	-27,7±0,9	47,0±1,5	-35,8±1,2	-23,6±0,7	55,0±1,7	-18,5±0,6	-21,8±0,7
G - Verde	55,1±1,7	-45,7±1,4	12,6±0,4	47,3±1,4	-39,3±1,3	28,6±0,9	53,8±1,6	-0,3±0,9	23,4±0,7

OIL - OLIO						
Hue Cromia	Van Dick Ferrario			Maimeri		
	L*±δ	a*±δ	b*±δ	L*±δ	a*±δ	b*±δ
Y - Giallo	90,2±2,7	-6,3±0,5	92,9±2,8	86,5±2,6	3,9±1,1	99,2±2,9
O - Arancione	55,8±2,1	53,0±2,0	39,3±1,2	48,2±1,6	54,8±1,8	37,6±1,1
M - Magenta	50,1±1,6	66,2±2,0	2,8±0,9	43,2±1,5	61,9±1,9	-2,1±1,2
V - Viola	29,5±1,3	13,0±0,6	-33,8±1,8	24,3±1,0	4,5±0,5	-23,5±1,5
C - Ciano	45,5±1,4	-20,9±0,8	-39,4±1,3	32,5±1,1	-24,6±1,1	-20,7±0,9
G - Verde	48,5±1,5	-56,7±1,8	11,5±0,3	36,4±1,4	-42,9±2,3	9,1±0,7

Hue Cromia	CASEIN - CASEINA		
	L*±δ	a*±δ	b*±δ
Y - Giallo	68,4±2,1	12,7±0,5	60,6±1,9
O - Arancione	53,6±1,6	30,5±1,0	37,6±1,2
M - Magenta	43,9±1,3	40,8±1,2	23,6±0,7
V - Viola	34,8±1,3	4,7±0,1	-7,4±0,3
C - Ciano	36,6±1,1	-4,6±0,1	-23,8±0,7
G - Verde	33,6±1,1	-21,3±0,6	17,1±0,6

the  $\Delta E^*$  value with respect to the device for black used in the scale adjustment was calculated.

In the following text, the  $\Delta E^*$  such obtained is called  $\Delta E^*_0$ .

In particular, first of all, the  $\Delta E^*_0$  was calculated starting from the L\*, a\*, b\* coordinates and then the percentage of each  $\Delta E^*_0$  with respect to the sum of  $\Delta E^*_0$  of the six colours.

Then, the value of  $\Delta E^*_0$  in thirty-sixths is reported.

The obtained data are presented, with the related error, with the theoretical values, in Tables 4 and 5 respectively for the laboratories at Catania and

colonna della Tabella 3 la cui somma è 36. Al fine di poter confrontare i dati delle coordinate cromatiche specificate sperimentalmente e quelli ipotizzati nell'enunciato di Itten, si è calcolato il rapporto percentuale tra ognuno dei valori reciproci di "luminosità" dei colori riportati da Itten e intuiti da Schopenhauer e la somma dei valori di "luminosità" dei sei colori (seconda colonna della Tabella 3).

Per ciascuno dei campioni delle Tabelle 1 e 2, inoltre, è stato calcolato in trentaseiesimi il valore di  $\Delta E^*$  rispetto al nero di calibrazione. Considerato che quest'ultimo rappresenta lo zero in termini di luminosità, nel testo seguente



Hue Cromia	Absolute reciprocal value of Itten brightness (in thirty-sixths) Valori reciproci assoluti di luminosità Itten (in trentaseiesimi)	Relative reciprocal value of brightness (in %) Valori reciproci relativi di luminosità (in %)
Y - Giallo	9	25
O - Arancione	8	22
M - Magenta	6	17
V - Viola	3	8
C - Ciano	4	11
G - Verde	6	17
Total - Totale	36	100

Table 3 - Reciprocal values absolute and relative of Itten brightness

Tabella 3 - Valori reciproci assoluti e relativi di luminosità Itten

Napoli Universities.

The data illustrated in Tables 4 and 5 were also elaborated as a histogram (Figure 2) realized starting from the values, obtained in the two laboratories and then averaged, of the thirty-six samples prepared with the different vehicles. In the same histogram, the theoretical values of Itten/Schopenhauer were listed.

il  $\Delta E^*$  così ottenuto è denominato  $\Delta E^*_0$ .

Nello specifico, è stato dapprima calcolato il  $\Delta E^*_0$  a partire da ogni terna  $L^*, a^*, b^*$  e poi la percentuale di ogni  $\Delta E^*_0$  rispetto alla somma dei  $\Delta E^*_0$  dei sei colori. Il valore di  $\Delta E^*_0$  così ottenuto è stato poi espresso in trentaseiesimi.

I dati ottenuti sono presentati, con il relativo errore, insieme ai valori teorici, nelle Tabelle 4 e

Hue Cromia	Theoretical values - Valori teorici	Liquitex Ink - Inchiostri Liquitex	Lefranc acrylic - Lefranc acrilici	Maimeri acrylic - Maimeri Acrilici	Van Dick oil - Van Dick olio	Maimeri oil - Maimeri olio	Casein paintings - Stesure pittoriche con caseina
Y - Giallo	9	10,0±0,3	10,1±0,3	9,9±0,3	9,4±0,3	11,4±0,3	9,6±0,3
O - Arancione	8	5,8±0,2	6,2±0,2	7,0±0,2	6,6±0,2	7,4±0,2	7,5±0,2
M - Magenta	6	5,9±0,2	5,9±0,2	6,4±0,2	6,5±0,2	7,1±0,2	6,8±0,2
V - Viola	3	3,5±0,1	4,0±0,1	3,5±0,1	3,6±0,1	2,8±0,1	3,1±0,1
C - Ciano	4	5,1±0,2	4,4±0,1	4,4±0,1	4,6±0,1	3,1±0,1	4,2±0,1
G - Verde	6	5,6±0,2	5,3±0,2	4,9±0,1	5,2±0,2	4,3±0,1	4,8±0,1

Table 4 -  $\Delta E^*_0$  in thirty-sixths and the related errors calculated for all samples analysed at Napoli University

Tabella 4 - Coefficienti reciproci  $\Delta E^*_0$  in 36mi con i relativi errori calcolati per tutti i campioni analizzati presso UniNA

Hue Cromia	Theoretical values - Valori teorici	Liquitex Ink - Inchiostri Liquitex	Lefranc acrylic - Lefranc acrilici	Maimeri acrylic - Maimeri Acrilici	Van Dick oil - Van Dick olio	Maimeri oil - Maimeri olio	Casein paintings - Stesure pittoriche con caseina
Y - Giallo	9	10,3±0,3	10,2±0,3	9,9 ±0,3	9,9±0,3	9,9±0,3	9,14±0,3
O - Arancione	8	5,5±0,2	6,3±0,2	6,8±0,2	6,6±0,2	6,6±0,2	7,4±0,2
M - Magenta	6	5,5±0,2	5,5±0,2	6,2±0,2	6,4±0,2	6,4±0,2	6,6±0,2
V - Viola	3	3,5±0,1	3,9±0,1	3,6±0,1	2,5±0,1	2,5±0,1	3,7±0,1
C - Ciano	4	5,4±0,2	4,9±0,1	4,6±0,1	4,9±0,1	4,9±0,1	4,5±0,1
G - Verde	6	5,8±0,2	5,2±0,2	4,9±0,1	5,8±0,2	5,8±0,2	4,4±0,1

Table 5 -  $\Delta E^*_0$  in thirty-sixths and the related errors calculated for all samples analysed at Catania University

Tabella 5 - Coefficienti reciproci  $\Delta E^*_0$  in 36mi con i relativi errori calcolati per tutti i campioni analizzati presso UniCT

From Figure 2, it is possible to highlight that the yellow measured is always greater than expected, while the orange and the green measured are always less than expected.

A further elaboration of the results was made in the Figure 3. It is evident that the sum of three pairs of complementary colours is not always constant, as supposed by Itten and Schopenhauer. The sum of the complementary yellow + violet, also, is always greater than the other two hypothesized.

5 rispettivamente per i laboratori dell'Università degli Studi di Napoli e di Catania.

I dati riportati nelle Tabelle 4 e 5 sono stati ulteriormente elaborati in una rappresentazione grafica ad istogramma (Figura 2) realizzata a partire dai valori, ottenuti nei due laboratori e mediati, dei trentasei campioni preparati con i diversi leganti. Nel medesimo istogramma, inoltre, sono riportati anche i valori teorici di Itten/Schopenhauer.

Dalla Figura 2 si evince che il giallo misurato è sempre maggiore di quello ipotizzato, mentre

Figure 2 - Histogram obtained with averaged  $\Delta E^*_0$  in thirty-sixths values of Catania and Napoli Universities in comparison with theoretical ones.

Figura 2 - Istogramma dei  $\Delta E^*_0$  in 36mi mediati misurati da UNICT e UniNA confrontati con i rapporti teorici di Itten/Schopenhauer

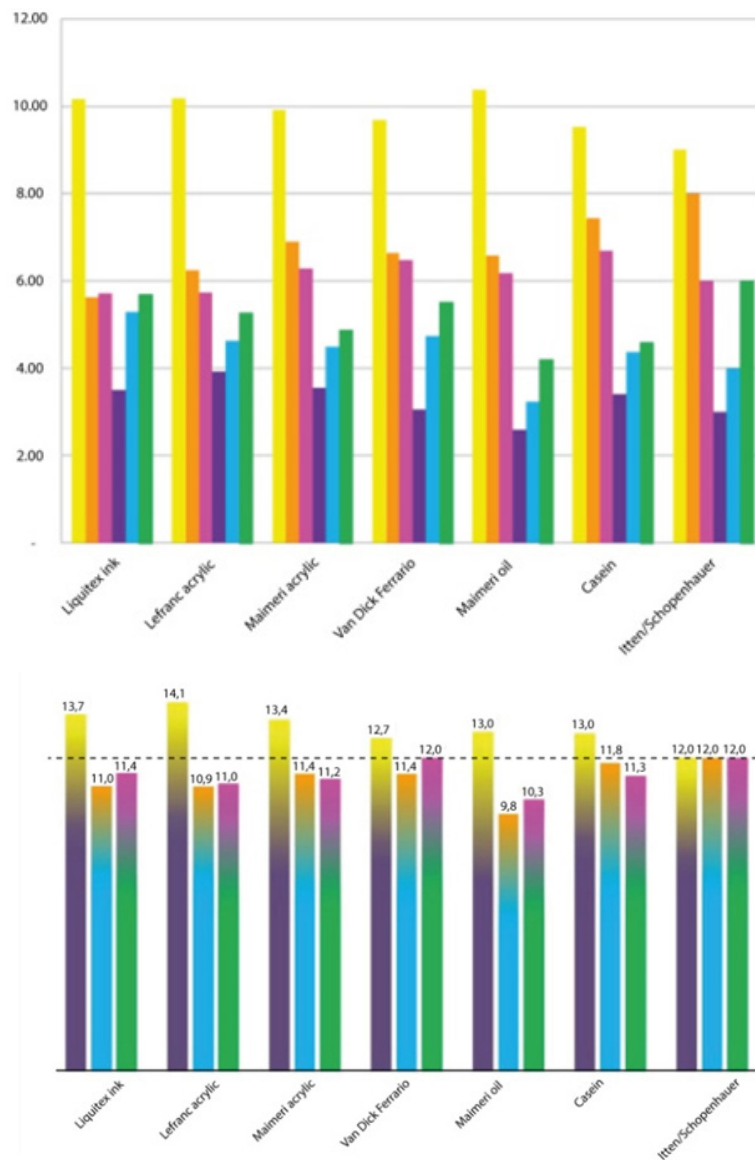


Figure 3 - Comparison between the averaged sum of complementary coefficients  $\Delta E^*_0$  measured and the relative theorized by Itten/Schopenhauer.

Figura 3 - Confronto tra le somme dei coefficienti medi misurati  $\Delta E^*_0$  in 36mi dei complementari e quelle teoriche di Itten/Schopenhauer.

## 5. CONCLUSIONS

On the basis of which said until now, the authorship of the statement, regarding the relationship of quantity of the six primary and secondary colours of subtractive synthesis of Itten, in his book *"The art of Colour"*, is not attributable to Goethe but to Schopenhauer.

The research work, based on colour specification measurements on samples ad hoc prepared, in two different laboratories, allow us to obtain two important results. On the one hand, the study confirms as expected in terms of the qualitative trend of values of reciprocal relationships of the six colours. On the other hand, it puts in evidence a quantitative difference, respect to the six colours theorized by Itten, in the quantity contrast.

Because the importance of the results obtained and foreseeable fallout in several fields, the present research work needs to be explored more deeply by increasing the number of colours and supports samples, improving the preparation steps, and optimizing and standardising the

l'arancio e il verde misurati sono sempre inferiori a quelli ipotizzati.

Un'ulteriore elaborazione dei risultati è stata fatta nella Figura 3 in cui è evidenziato come la somma delle tre coppie di complementari non è sempre costante come ipotizzato da Itten e Schopenhauer. La somma dei complementari giallo + viola, inoltre, è sempre maggiore rispetto alle altre due ipotizzate.

## 4. CONCLUSIONI

Sulla scia di quanto argomentato in questo articolo, la paternità dell'enunciato, riguardante il rapporto di quantità dei sei colori costituenti i primari e i secondari della sintesi sottrattiva riferita da Itten nel suo libro *"Arte del colore"*, non andrebbe attribuita a Goethe ma piuttosto a Schopenhauer. Il lavoro realizzato, basato su misure di specificazione del colore di provini appositamente preparati, in due differenti laboratori di ricerca, ha permesso di ottenere due importanti risultati. Da un lato lo studio ha, infatti, confermato quanto ipotizzato in termini

colour coating method in order to achieve a quality surface and homogeneity better than the one obtained.

## FUNDING

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors disclose any actual or potential conflicts of interest including financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work.

## BIBLIOGRAPHY

Arnheim, R. (traduzione di G. Dorfles). (2005) 'Arte e percezione visiva'. Milano: Feltrinelli, pp. 271-275.

Burrafato, G., Troja, S.O., Gueli, A.M., Stella, G., Zuccarello, A.R. (2005) "Misure colorimetriche su stesure pittoriche: messa a punto di un protocollo di misura", *Colore e Colorimetria contributi multidisciplinari, Quaderni di Ottica e Fotonica*, 13, pp. 211-218.

Giannantoni, G. (a cura di). (1973) 'Aristotele Opere. Della generazione e della corruzione'. Dell'anima. Piccoli trattati di storia naturale. Roma: Laterza, p. 206.

Goethe, J.W. (a cura di R. Troncon). (1987) 'La teoria dei colori. Lineamenti di una teoria dei colori'. Milano: Il Saggiatore, p.252.

Goethe, J.W. (a cura di R. Troncon). (1997) 'La storia dei colori'. Milano: Luni Editrice, p. 481.

Gueli, A.M., Fontana, D., Gallo, S., Pasquale, S., Stella, G., Troja, S.O. (2014) "Dal colore alla caratterizzazione ottica di pigmenti antichi: la validità del metodo spettrofotometrico e la Teoria di Itten", *Colore e Colorimetria, Contributi Multidisciplinari, Vol. XA*, pp. 237-245.

Itten, J. (traduzione di A. Monferini e M. Bignami). (1997) 'Arte del colore. Esperienza soggettiva e conoscenza oggettiva come vie per l'arte'. Milano: EST, p. 59.

Matteini, M., Moles, A. (2004). 'La chimica nel restauro. I materiali dell'arte pittorica', Firenze: Nardini, p. 73.

Official site CTS (2017), available at: [www.ctseurope.com](http://www.ctseurope.com) (Accessed: 28 november 2017).

Official site KONICA MINOLTA (2017), available at: [www.konicaminolta.com](http://www.konicaminolta.com), (Accessed: 28 november 2017).

Official site ORIGINLAB (2017), available at: [www.originlab.com](http://www.originlab.com), (Accessed: 28 november 2017).

Official site ZECCHI (2017), available at: [www.zecchi.it](http://www.zecchi.it), (Accessed: 28 november 2017).

Oleari, C. (a cura di) (2008). 'Misurare il colore', Milano: Hoepli, pp. 139-244.

di andamento qualitativo dei valori dei rapporti reciproci dei sei colori, dall'altro ha evidenziato una differenza quantitativa, rispetto alla sestina definita da Itten, nel contrasto di quantità. Data l'importanza dei risultati a cui si è giunti e delle prevedibili ricadute in molti ambiti, il presente lavoro richiede di essere approfondito mediante un aumento del numero di campioni di colori e di supporti, migliorando la loro preparazione, ottimizzando e standardizzando il metodo di stesura dei colori al fine di ottenere una maggiore omogeneità superficiale che la manualità della tecnica utilizzata non ha assicurato.

Schopenhauer, A. (1830) 'Scriptores Ophthalmologici minores. Theoriam Colorum Physiologicam'. Lipsiae: Hustus Radius Ed., pp. 22-23.

Schopenhauer, A. (a cura di M. Montinari). (2002) 'La vista e i colori e carteggio con Goethe'. Milano: Abscondita, pp. 50-53.